TRASMISSIONE DATI

dispositivi standard e protocolli

Giuseppe Saccardi

GRUPPO
EDITORIALE
JACKSON

TRASMISSIONE DATI

dispositivi standard e protocolli

di
Giuseppe Saccardi

GRUPPO
EDITORIALE
JACKSON
Via Rosellini, 12
20124 Milano

© Copyright per l'edizione originale Gruppo Editoriale Jackson 1983

Il Gruppo Editoriale Jackson ringrazia per il prezioso lavoro svolto nella stesura dell'edizione italiana la signora Francesca Di Fiore, e l'Ing. Roberto Pancaldi.

Tutti i diritti sono riservati. Stampato in Italia. Nessuna parte di questo libro può essere riprodotta, memorizzata in sistemi di archivio, o trasmessa in qualsiasi forma o mezzo, elettronico, meccanico, fotocopia, registrazione o altri senza la preventiva autorizzazione scritta dell'editore.

Stampato in Italia da:
S.p.A. Alberto Matarelli — Milano — Stabilimento Grafico

Fotocomposizione:
CorpoNove s.n.c. — Bergamo — via Borfuro 14/c — Tel. 22.33.63-22.33.65

SOMMARIO

CAPITOLO 1 — I DATI E LA LORO CODIFICA 1
- Il dato come simbolo 1
- Cos'è un dato 1
- La trasmissione dei dati 3
- Rappresentazione dei dati mediante codici 4
- Controlli di parità 6
- Rivelazione degli errori mediante controllo di parità 6
- Codici di ridondanza 8

CAPITOLO 2 — MEZZI TRASMISSIVI PER TRASMISSIONE DATI 11
- Il doppino telefonico 12
- Cavi coassiali 18
- Fibre ottiche 18
- Satelliti e microonde 20

CAPITOLO 3 — DISPOSITIVI PER TRASMISSIONE DATI 27
- Il modem 28
- Le tecniche di modulazione: di frequenza, di ampiezza, di fase 29
- Tipi di trasmissione: simplex, half-duplex, full-duplex . . 30
- Trasmissione asincrona o sincrona 33
- Collegamento mediante linea commutata 35
- Collegamento su linee dedicate 37

CAPITOLO 4 — NORMATIVE INTERNAZIONALI PER LA TRASMISSIONE DATI 41
- Il modem come black-box e gli standard internazionali 41
- Raccomandazioni CCITT: VI, V2, V3, V4, V5, V6, V21, V23, V26 42
- Raccomandazione V24: circuiti di scambio della serie 100 48
- Raccomandazione V24: correlazione dei circuiti della serie 100 50
- Raccomandazione V25: dispositivo di chiamata automatica 55
- Raccomandazione V25: circuiti della serie 200 e loro funzione 56
- Equivalenza tra CCITT, EIA ed ISO 58

CAPITOLO 5 — TOPOLOGIE DI RETE E DISPOSITIVI UTILIZZABILI . . . 61
- Tipi di modem: modem eliminator, modem in banda base 61
- Servizi: canale secondario, circuiti di test, facility voce/dati, equalizzazione, multiplazione 70

– Standard EIA RS232 e nuovi standard: EIA RS 422A, EIA RS423A, EIA RS 449 75
– Standard per i dispositivi di misura: il GPIB, dispositivi di un sistema basato sul GPIB, gestione del sistema 82

CAPITOLO 6 – I MULTIPLEXER 95
– Multiplexer a divisione di frequenza 98
– Multiplexer a divisione di tempo 99
– Multiplexer statistici 102
– FDM o TDM? 103
– Compressione del codice 107
– Multidrop e contention 108
– FDM nelle reti locali 109
– Caratteristiche principali nella scelta di un MUX 109
– Conclusioni 110

CAPITOLO 7 – I CONCENTRATORI 115
– La connessione di terminali ad Host 115
– Tipi di PAD 117
– Funzioni di concentrazione 119
– Concentratori per terminali a blocchi: emulazione 3270, per dispositivi BSC 2780/3780 120
– Concentratori per terminali asincroni 135
– Parametri che regolano la scelta di un concentratore . . 140
– Conclusioni 146

CAPITOLO 8 – I PROTOCOLLI DI COMUNICAZIONE 149
– Protocolli: loro funzione e definizione 149
– Interfaccia di linea e protocollo di linea 150
– Famiglie di protocolli esistenti 150
– Livelli di protocollo 154
– Struttura del collegamento e problemi di sincronizzazione 158
– Gestione degli errori nei protocolli BCP e BOP 162
– Trasparenza al codice utilizzato 163

CAPITOLO 9 – PROTOCOLLI DI COMUNICAZIONE BSC 165
– I protocolli BSC 165
– Struttura dei messaggi 166
– Formato dei messaggi 166
– Formazione e mantenimento del collegamento 168
– Fasi di un collegamento 168
– Struttura dei messaggi 177
– Caratteri di controllo del formato e del collegamento 178

CAPITOLO 10 — I PROTOCOLLI DI TIPO BIT ORIENTED 183
— Protocollo SDLC 183
— Stazioni primarie e secondarie 184
— Struttura dei messaggi SDLC 185
— Campi costitutivi di un frame 186
— Funzione della stazione primaria e secondaria 187
— Tipi di frame e loro funzione 188
— Comandi e risposte 189
— Finestra di trasmissione 191
— Configurazione di rete 192
— Protocollo HDLC 195
— Comandi e risposte nel protocollo HDLC 197

CAPITOLO 11 — RETI DI COMMUTAZIONE 201
— Generalità 201
— Routing: datagram, circuito virtuale 206
— Protocolli di rete e raccomandazioni CCITT 212
— Raccomandazione CCITT X.25 213
— Caratteristiche dell'interfaccia per terminali interattivi . . 216
— Correlazione tra X.28 ed X.25 217
— Modi di connessione 224
— Esempi tipici di reti: DATAPAC, TELENET 225

CAPITOLO 12 — IL LIVELLO 3 DELLA X.25 E LA RETE PUBBLICA ITALIANA 243
— X.25 livello 3 243
— Chiamate virtuali 244
— Trasferimento tra DTE dei pacchetti dati e di interrupt 249
— La rete pubblica italiana 253
— Interfacciamento dell'utenza 254
— Servizi offerti 263

CAPITOLO 13 — I PABX 265
— La struttura dei PABX 266
— Servizi 271
— Il mercato italiano 277
— Orientamenti futuri 280
— Trend tecnologico 282
— PABX e funzioni dati 285
— Conclusioni 286

GLOSSARIO 289

BIOGRAFIA DELL'AUTORE

Nato a Milano nel 1947 il Dott. Giuseppe Saccardi ha inizialmente svolto la sua attività lavorativa presso la Italtel nel gruppo che sotto la guida dell'Ing. Musumeci ha partecipato alla stesura delle specifiche ed allo sviluppo della rete nazionale a commutazione di pacchetto, occupandosi in particolare della raccomandazione X. 28 del CCITT. Passato successivamente alla MDS, società leader nel settore del Data Entry e del Data Communication ha coperto la funzione di coordinatore per gli aspetti di Communication relativi ad una classe di mini emulanti i più noti protocolli internazionali.

Nel 1980 è passato alla GTE dove attualmente, nella Divisione Sistemi di Utente, è il responsabile dell'ufficio Software e Dati.

Da alcuni anni collabora con il gruppo Jackson ed oltre a far parte del comitato di redazione di Informatica Oggi ha contribuito con articoli e special sulle principali riviste del gruppo.

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento a tutti coloro che con materiale e consigli hanno aiutato il realizzarsi di questo volume.

In particolare all'Ing. Ricci Bitti, direttore della Divisione Sistemi di Utente della GTE per l'incoraggiamento e l'autorizzazione ad utilizzare materiale GTE; all'Ing. Musumeci della Italtel per i consigli ed il materiale relativo alla Rete Dati Italiana e sotto la cui direzione ho mosso i primi e più significativi passi nel settore della trasmissione dati.

Un particolare grazie anche all'Ing. Borghi per l'aiuto prestatomi nella rilettura dei capitoli e nell'orientamento in senso didattico e contemporaneamente analitico del volume.

INTRODUZIONE

Questo volume nasce da una rielaborazione di materiale utilizzato in corsi da me tenuti ed articoli da me pubblicati negli ultimi anni nonchè da attività direttamente correlate al lavoro svolto nel settore della trasmissione dati prima in Italtel, poi in MDS ed infine in GTE.

L'obiettivo prepostomi, e che spero almeno in parte di aver conseguito, è stato quello di illustrare e descrivere, non per lo specialista ma bensì per il comune utente, quali sono e come si integrano i tre aspetti, dispositivi, protocolli e standard, che contribuiscono a formare il settore della trasmissione dati.

Con questo risultato in mente la prima parte del volume prende in esame le principali famiglie di dispositivi esistenti come i modem, i multiplexer, i concentratori ed i principali standard EIA e CCITT emersi ed affermatisi in campo internazionale.

La seconda parte del volume prende in esame i protocolli di trasmissione iniziando dai primi affermatisi di tipo BSC sino ai più recenti utilizzati nelle reti dati a commutazione di pacchetto.

Il volume termina con una descrizione della rete pubblica per dati, di quelle che sono le sue caratteristiche salienti ed infine con un capitolo dedicato ai PABX che i recenti sviluppi tecnologici pongono in diretta competizione con le Reti Locali nella gestione su aree limitate della fonia e dei dati per applicazioni relative alla automazione di ufficio.

Nell'ordine dei capitoli ho raggruppato per omogeneità i dispositivi utilizzati e, successivamente, i protocolli.

Ciò può costituire qualche difficoltà nella lettura del capitolo dedicato ai concentratori in cui i protocolli hanno un aspetto determinante.

Può perciò essere utile rimandare la lettura di questo capitolo successivamente a quelli relativi ai protocolli ed alle reti dati.

Sia i dispositivi che i protocolli e le normative sono, per comprensibili ragioni di spazio, trattati in modo da chiarire quelli che sono i problemi che per esperienza diretta maggiormente interessanto un lettore non specialista.

Essendo l'intento del volume quello di chiarire gli aspetti di integrazione dei tre settori, chi desideri approfondire il singolo aspetto può rivolgersi alla letteratura specializzata ed alla documentazione emessa dalle case costruttrici o dagli enti internazionali preposti alle attività di standardizzazione.

A Vanna, per tutte quelle volte che mi ha chiesto senza ottener risposta che cosa significhi trasmissione dati ed a Paola, per aver pazientemente rinunciato all'attenzione che le spettava.

CAPITOLO 1

I DATI E LA LORO CODIFICA

IL DATO COME SIMBOLO

La parola DATO è da annoverare tra le parole più note ed utilizzate della nostra epoca. I DATI vengono trasmessi, ricevuti, analizzati, elaborati e tutti i mass media riportano continuamente come le Banche Dati e la Trasmissione Dati siano destinate a cambiare e ad influire sempre più profondamente sul nostro futuro di cittadini, di contribuenti o di semplici utilizzatori dei nuovi servizi che le Reti Dati, pubbliche o private, porranno a nostra disposizione.

COS'È UN DATO

Un DATO è un tipo di informazione che si crea quando dei simboli o dei caratteri vengono associati per produrre un significato compiuto. Il significato di dato può essere di volta in volta associato a simboli o rappresentazioni grafiche diverse.

Un dato può infatti essere costituito da una parola, da un numero, da un insieme ordinato di parole e di numeri o da semplici caratteri grafici per cui sia stata stabilita una associazione con determinati significati.

Qualsiasi sia il suo aspetto o la forma in cui è presentato, un dato, perchè sia utilizzabile, deve presentarsi in modo facilmente comprensibile ed ancora più facilmente trasferibile dall'area di produzione a quella di utilizzo.

Nei due decenni trascorsi si è progressivamente assistito all'affermarsi di un'interpretazione del DATO, più che come una associazione tra un simbolo ed un significato, come riferentesi ad informazioni espresse e rappresentate in una forma utilizzabile da un elaboratore.

Nonostante l'affermarsi di questa interpretazione, decisamente più corrispondente alla realtà che è andata configurandosi, i dati hanno quasi sempre una forma scritta facilmente comprensibile dall'uomo e solo in passaggi successivi si trasformano in rappresentazioni simboliche più confacenti e più facilmente interpretabili dalla struttura in base alla quale lavora un calcolatore.

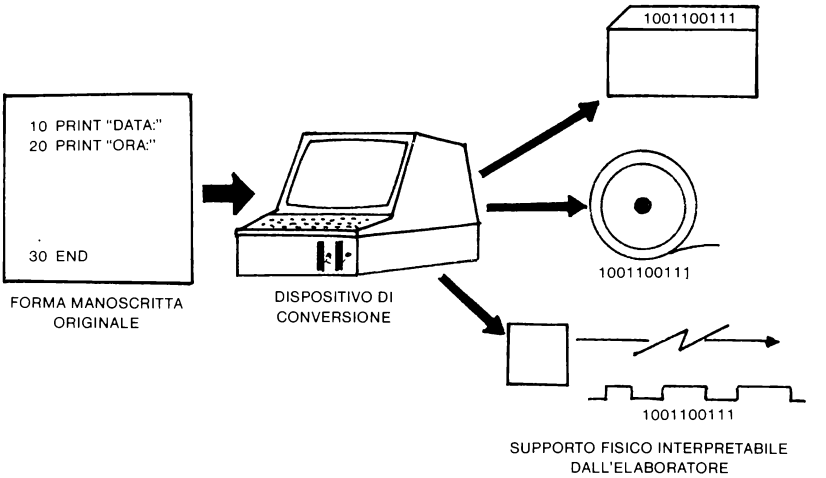


Figura 1.1 — Conversione dei dati dalla forma manoscritta in forma interpretabile da un elaboratore.

Le parti costituenti i dati rappresentati in figura 1.1 sono parole e numeri associati in modo da rappresentare insiemi o sequenze di istruzioni di un particolare linguaggio. In particolare l'esempio illustrato si riferisce ad una parte di programma scritto in Basic che dovrà essere successivamente elaborato ed eseguito da un elaboratore remoto.

Poichè un elaboratore non può interpretare ed eseguire dati presentatigli in forma manoscritta è richiesta una fase di conversione dei dati originali in una forma leggibile dall'elaboratore.

La trasformazione da una rappresentazione simbolica originale ad una rappresentazione diversa viene fatta da appositi dispositivi di conversione. Ogni carattere alfanumerico dell'informazione nella sua forma originale viene così convertito in un codice macchina interpretabile dall'elaboratore. Il numero dei dispositivi di conversione da una rappresentazione in un'altra sono numerosi, dipendendo da come deve essere utilizzato il dispositivo di lettura o di introduzione dei dati.

Un terminale ad esempio può essere utilizzato per convertire dei dati in segnali elettrici adatti alla trasmissione a distanza mediante una linea telefonica o mediante il trasferimento fisico di un nastro magnetico su cui gli stessi sono preventivamente memorizzati.

Un secondo esempio di conversione di codice è rappresentato dal perforatore di schede mediante il quale i caratteri vengono rappresentati su una scheda come una sequenza di fori. La tastiera costituisce comunque il mezzo più diffuso per l'introduzione dei dati in un elaboratore.

LA TRASMISSIONE DEI DATI

Il motivo fondamentale che ha portato allo sviluppo dei dati così come attualmente interpretati è la necessità di doverli trasferire tra elaboratori nel modo più economico e rapido possibile.

La Comunicazione può infatti essere definita come il trasferimento di informazioni da un punto sorgente ad un punto di destinazione.

Poichè la comunicazione coinvolge sempre due punti, due dei componenti base di una comunicazione sono costituiti dal dispositivo di trasmissione e da quello di ricezione. È il trasmettitore (sia esso l'operatore umano o lo stesso elaboratore) che, avendo dei dati da trasmettere al ricevitore, inizia una comunicazione dati.

Prima della trasmissione i dati vengono convertiti in un linguaggio o codice interpretabile dal ricevitore e successivamente in una rappresentazione elettrica tale da poter essere trasmessa mediante il mezzo o supporto trasmissivo a disposizione. I dati, trasformati così in segnale luminoso se la trasmissione avviene mediante fibra ottica o in segnale elettrico se mediante linea telefonica, possono essere trasmessi al ricevitore sul mezzo prescelto.

Come in tutte le comunicazioni la trasmissione verrà considerata significativa e valida solamente se la stazione ricevente invierà alla trasmittente un opportuno messaggio indicante l'avvenuta ricezione dei dati.

La figura 1.2 mostra un sistema per la comunicazione di dati.

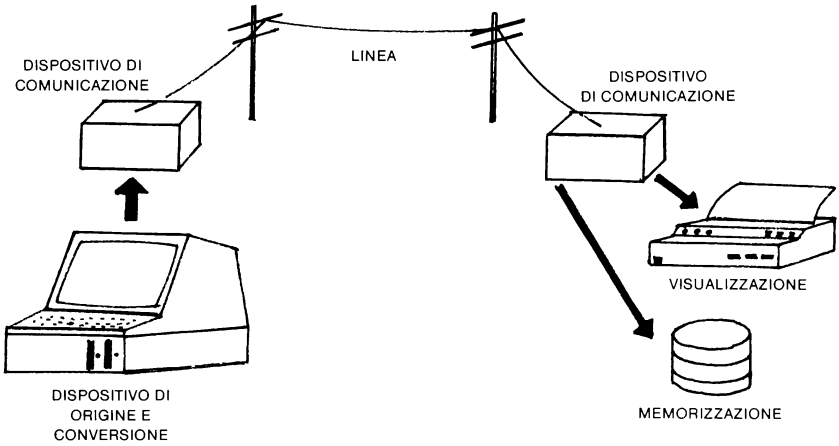


Figura 1.2 — Struttura tipica di una rete per trasmissione dati

Il sistema è costituito da tre componenti: il trasmettitore o stazione di origine, i dispositivi che permettono la trasmissione sulla rete di comunicazione ed il ricevitore o dispositivo di destinazione.

Il dispositivo di origine converte la forma manoscritta in una forma leggibile da una macchina e li invia al dispositivo di trasmissione.

Il dispositivo di comunicazione elabora i dati ricevuti dal terminale trasformandoli in una forma che può essere trasmessa mediante la rete di comunicazione. Il tipo di dispositivo selezionato per la particolare trasmissione è funzione, come già accennato, del mezzo trasmissivo utilizzato. Nella figura la linea di comunicazione è costituita da una linea telefonica affittata dalla compagnia telefonica.

Altri mezzi trasmissivi possono essere i cavi coassiali, le microonde o i satelliti. Successivamente alla trasmissione il dispositivo ricevente esegue sui dati ricevuti un processo inverso tale da ritrasformare i dati in una forma leggibile da un operatore od in una forma interpretabile ed eseguibile direttamente da un elaboratore.

Il dispositivo di ricezione, sia esso un terminale od un elaboratore, può inoltre memorizzare i dati ricevuti su un supporto magnetico costituito a sua volta da nastri magnetici, dischi o schede perforate per elaborarli successivamente in tempo differito.

RAPPRESENTAZIONE DEI DATI MEDIANTE CODICI

Per comprendere come si siano originati i codici utilizzati per la trasmissione dati e cosa li differenzia si deve considerare in quale forma i dati devono essere presentati alla parte elaborativa di un calcolatore perchè gli stessi possano essere correttamente interpretati.

Questa forma, comune a tutti gli elaboratori, è la forma binaria così chiamata perchè in alternativa a quella decimale che si basa su dieci cifre diverse (da 0 a 9) utilizza solamente il simbolo 0 ed il simbolo 1.

Oltre ad essere l'unica forma comprensibile da un elaboratore è anche quella che meglio si adatta alla trasmissione su canali trasmissivi mediante processi di modulazione che trasformano lo 0 e l'1 in due condizioni di linea ben definite.

Le due condizioni che si ottengono dalla modulazione vengono fatte facilmente corrispondere alle uniche due cifre binarie 0 ed 1.

Una equivalenza di tale tipo facilita notevolmente la trasmissione a distanza dei numeri che risultano da operazioni di tipo binario, dalla conversione da codici di tipo binario a codici di tipo esadecimale o decimale o funzioni interpretabili in generale in forma binaria.

I caratteri alfanumerici così come raffigurati nei diversi alfabeti esistenti possono essere rappresentati con una notevole varietà di codici diversi. Una prima differenziazione può essere fatta in base al numero di cifre binarie (bit) utilizzate in un determinato codice per rappresentare i particolari caratteri alfanumerici mentre una

seconda differenziazione si ha, a parità di bit, in base alla configurazione di uni e di zeri che corrispondono al medesimo carattere.

I codici maggiormente diffusi sono l'EBCDIC costituito da caratteri formati da otto bit e l'ASCII (American Standard Code for Information Interchange) costituito da sette bit. Soprattutto quest'ultimo ha finito con l'assumere una diffusione universale dopo essere stato accettato come standard negli USA. A livello internazionale anche il CCITT ha standardizzato un codice indicato con il nome di Alfabeto Internazionale n° 5. La raccomandazione relativa ne riporta sia la versione base che quella internazionale così come concordata congiuntamente tra CCITT ed ISO (International Standard Organization). Tra il codice ASCII e la versione internazionale dell'alfabeto n° 5 esistono solo differenze marginali come ad esempio la posizione occupata dal segno grafico che indica la valuta che nell'alfabeto ASCII è sostituito dal segno grafico che corrisponde al dollaro. Dei 128 caratteri presenti nel codice ASCII (numero dato dalle combinazioni possibili ottenibili con sette bit) quelli delle prime due colonne sono caratteri di controllo mentre nelle colonne rimanenti sono compresi sia caratteri grafici che caratteri di informazione o alfanumerici.

I bit che rappresentano un carattere sono individuati come:

$b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1, b_0$

dove b_6 rappresenta il bit più significativo e cioè, come vedremo in seguito, con peso maggiore mentre b_0 rappresenta il bit meno significativo del carattere o con peso minore.

Se consideriamo la tabella che rappresenta la codifica ASCII dei caratteri grafici ed alfanumerici normalmente utilizzati nella trasmissione dati possiamo vedere come si ottiene la corrispondenza tra un carattere particolare contenuto nella tabella e la sequenza di bit che gli corrispondono nella rappresentazione binaria.

Il carattere A si trova ad esempio all'incrocio della colonna 4 con la riga 1 e ad esso ci si può riferire simbolicamente con la notazione abbreviata 4/1. A inizio colonna e ad inizio riga è riportata la configurazione che assumono i bit da 0 a 6 corrispondenti alla lettera A:

colonna 4			**riga 1**				
b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0	
1	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	*Rappresentazione binaria*
4	**2**	**1**	**8**	**4**	**2**	**1**	*peso decimale dei bit*
2^2	2^1	2^0	2^3	2^2	2^1	2^0	

Il codice ASCII a causa del numero massimo di 128 configurazioni possibili non è indicato per la trasmissione di informazioni che possono assumere una qualsiasi delle 256 configurazioni diverse ottenibili da un insieme di otto bit (insieme indicato collettivamente con il nome di byte).

In tal caso è conveniente utilizzare per la trasmissione il codice a otto bit EBCDIC ((Extended Binary Coded Decimal Interchange Code).

Un codice che ha conosciuto nel passato una buona diffusione e che sta ora passando in progressivo disuso è il codice Baudot a 5 bit utilizzato per applicazioni telegrafiche. Codici che hanno invece tuttora una discreta diffusione sono il codice Transcode a sei bit, il codice BCD (Binary Coded Decimal) ed il codice Hollerith utilizzato nella perforazione delle schede perforate IBM.

CONTROLLI DI PARITÀ

Un aspetto che nella trasmissione dati costituisce parte integrante dei caratteri che, nel codice opportuno, vengono trasmessi sulle linee selezionate è costituito dai bit di controllo che ad essi vengono aggiunti per rivelare gli errori introdotti dai disturbi di linea sul segnale trasmesso. In qualunque modo siano raggruppati i caratteri prima di effettuarne la trasmissione, le possibilità pratiche per garantire una trasmissione corretta, nel senso che diventa possibile rivelare gli errori e procedere al loro recupero od al riinvio automatico del messaggio, sono sostanzialmente tre:

a: utilizzazione di codici per la rivelazione degli errori — con codici di tale tipo è possibile rivelare la presenza di un errore in un messaggio ricevuto e richiederne la ripetizione alla stazione trasmittente.

b: utilizzazione di codici correttori — oltre a rivelare la presenza di un errore mettono in grado la stazione ricevente di procedere autonomamente alla eliminazione dello stesso senza richiedere la ritrasmissione del carattere errato.

c: utilizzazione di codici misti che comprendono entrambe le possibilità precedenti.

Qualunque sia il tipo di codice utilizzato, quello che ne costituisce il fondamento comune è l'aggiunta ad un messaggio, sia esso costituito da un singolo carattere o da una sequenza di caratteri, di uno o più bit detti di ridondanza, ottenuti eseguendo sui caratteri che costituiscono il messaggio originario un insieme più o meno complesso di operazioni matematiche.

In ricezione vengono eseguite sul messaggio le stesse operazioni matematiche e viene verificato che il risultato ottenuto coincida con la configurazione assegnata ai bit di ridondanza dall'unità trasmittente.

RIVELAZIONE DEGLI ERRORI MEDIANTE CONTROLLO DI PARITÀ

Il controllo di parità è il metodo più semplice e diffuso per rivelare gli errori indottisi in un carattere durante la sua trasmissione. Il metodo consiste nell'aggiungere ai bit che rappresentano un carattere un bit con valore tale da far sì che il nuovo carattere ottenuto abbia un numero pari di bit con valore 1 (parità pari) o, in alternativa, il numero di bit ad 1 risulti dispari (parità dispari).

Quando il trasmettitore invia in linea un carattere conterà il numero di bit con valore 1 in esso contenuti e provvederà ad aggiungere dopo l'ultimo trasmesso il bit di parità pari o dispari a secondo degli accordi stabiliti con la stazione ricevente.

Il ricevitore esegue la funzione inversa. Mentre riceve il carattere conta i bit del carattere aventi valore 1 ed alla fine verifica che il valore del bit di parità ricevuto sia congruente con il valore da lui calcolato indipendentemente. Se il valore del bit di parità ricevuto non coincide con quello calcolato si è in presenza di un errore di trasmissione e dovranno essere avviate le azioni di recupero o di ripetizione del messaggio.

A titolo di esempio la tabella mostra i valori assunti dal bit di parità pari o di parità dispari per i caratteri che costituiscono, in codice ASCII, la parola «PARI»:

	PARITÀ PARI b_7							b_1	**BIT DI PARITÀ**	**PARITÀ DISPARI** b_7							b_1	**BIT DI PARITÀ**
P	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**		**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**		**1**
A	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**		**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**		**1**
R	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**		**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**		**0**
I	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**		**1**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**		**0**

Come è facilmente intuibile un codice come quello illustrato è molto semplice e tale da permettere la rivelazione di errori singoli.

Se infatti in un carattere si verificano, durante la trasmissione, un numero pari di errori l'unità ricevente non sarà in grado di accorgersene in quanto il valore del bit di parità calcolato coinciderà con il valoro di quello ricevuto. Poichè la probabilità che in una trasmissione si verifichino sullo stesso carattere errori doppi non è trascurabile ne consegue che il solo controllo di parità può essere utilizzato dove la correttezza del messagio non sia stringente o dove l'operatore possa intervenire personalmente per porvi rimedio.

Un miglioramento nella capacità di rivelare gli errori indotti su un messaggio dalla sua trasmissione si ottiene con il metodo della parità incrociata in base alla quale oltre alla parità già vista (denominata anche parità trasversale) si calcola anche la parità orizzontale o longitudinale per tutti i bit di pari peso dei caratteri del messaggio.

La tabella seguente mostra, sempre per la parola 'PARI' il valore assunto dalla parità longitudinale:

									Bit di parità
	P	1	0	1	0	0	0	0	0
	A	1	0	0	0	0	0	1	0
	R	1	0	1	0	0	1	0	1
	I	1	0	0	1	0	0	1	1
Parità Longitudinale		0	0	0	1	0	1	0	0

L'unità trasmittente oltre al calcolo del bit di parità del singolo carattere dovrà provvedere anche al calcolo progressivo della parità longitudinale. Il byte ulteriore così ottenuto verrà trasmesso come ultimo del messaggio. È da notare che anche del byte che rappresenta la parità longitudinale del messaggio viene calcolata e trasmessa la parità trasversale.

L'utilizzazione congiunta dei due tipi di parità rappresenta un notevole incremento della capacità di rivelazione degli errori. Proprio perchè il controllo, come è possibile vedere dall'esempio, viene effettuato sia per le righe che per le colonne, diventa possibile rivelare e correggere gli errori singoli in quanto si può risalire tramite la parità trasversale al carattere errato e tramite quella longitudinale al bit errato nell'ambito del carattere.

Errori doppi sono invece rivelabili ma non correggibili in quanto non è possibile individuare il carattere errato essendo la sua parità apparentemente corretta.

Errori tripli o in generale di ordine dispari, se appartenenti allo stesso carattere sono individuabili e correggibili, mentre non lo sono errori di ordine pari.

CODICI DI RIDONDANZA

La tecnica di rivelazione degli errori mediante codici di ridondanza è simile a quanto viene fatto per la realizzazione del controllo di parità longitudinale. La stringa seriale di bit trasmessi viene infatti divisa con un numero binario prefissato. Il resto della operazione viene poi aggiunto alla stringa di bit trasmessi. Il numero utilizzato come divisore della stringa originale di bit è chiamato 'Polinomio generatore' ed è stato oggetto di standardizzazione a livello internazionale.

Consideriamo a titolo di esempio un polinomio generatore del tipo:

$$P\ (x) = 1\ 0\ 0\ 1\ 1$$

Se indichiamo i 5 bit che lo compongono in funzione del loro peso binario si ha invece la seguente rappresentazione:

$$P\ (x) = 1.x^4 + 0.x^3 + 0.x^2 + 1.x^1 + 1.x^0 = x^4 + x + 1$$

Se ora supponiamo di avere un messaggio costituito dalla seguente sequenza

1 1 0 1 0 1 1 0 1 1

e lo dividiamo per il generatore precedente si ottiene il seguente resto:

1 1 1 0

il messaggio trasmesso diverrà di conseguenza:

1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0

Il codice generatore illustrato era solamente un esempio. A livello internazionale i polinomi che sono diventati standars sono relativi a caratteri con lunghezza di sei bit e di otto bit.

$$\text{CRC 12} = x^{12} + x^{11} + x^{3} + x^{2} + x^{1} + 1$$
$$\text{CRC 16} = x^{16} + x^{15} + x^{2} + 1$$
$$\text{CRC CCITT} = x^{16} + x^{12} + x^{5} + 1$$

Il più diffuso dei tre è quello definito dal CCITT ed in grado di rivelare tutti gli errori singoli e doppi, quelli di tipo a burst coinvolgenti un numero fino a 16 bit e il 99,998% dei burst di 18 o più bit.

CAPITOLO 2

MEZZI TRASMISSIVI PER TRASMISSIONE DATI

Uno degli aspetti più importanti di una rete per trasmissione dati è costituito dal tipo e dalle caratteristiche della linea fisica utilizzata come supporto per il segnale, di qualsiasi natura esso sia, da trasferire tra il punto in cui esso risiede ed il punto di destinazione.

Anche se negli anni recenti sono andati affermandosi nuovi e più vantaggiosi supporti trasmissivi, il mezzo a tutt'oggi più diffuso è e rimarrà ancora per molto il comune filo di rame, utilizzato nella stragrande maggioranza dei collegamenti telefonici.

È stato principalmente l'aumento del costo del rame, conseguente alla sua rarefazione come risorsa fisica, ed una banda trasmissiva limitata a fronte di richieste di sempre crescenti capacità trasmissive che ha condotto all'apparizione delle nuove tecniche trasmissive sia per le brevi che per le medio lunghe distanze.

I ponti radio, i satelliti, le fibre ottiche ed i cavi coassiali sono infatti tutti supporti trasmissivi che presentano un costo per bit (quantità elementare di informazione) trasmesso o trasferito dalla sorgente alla destinazione di molto inferiore a quello che si riscontra per il più comune doppino di rame di estrazione telefonica.

La tabella 2.1 permette di avere un'idea di massima della banda passante (intervallo utile di frequenza utilizzabile per la trasmissione di informazioni) di alcuni dei supporti attualmente esistenti. Poichè la quantità di informazioni che può essere trasferita con un mezzo è proporzionale entro certi limiti alla sua larghezza di banda risulta immediatamente percepibile la notevole differenza esistente tra i diversi supporti ivi elencati.

Gli ordini di grandezza di differenza in capacità trasmissiva nei confronti del doppino di rame giustificano ampiamente il fatto che si utilizzino mezzi che richiedono materiali e tecniche costruttive notevolmente più complesse.

MEZZO TRASMISSIVO	LARGHEZZA DI BANDA (VALORI INDICATIVI)
— DOPPINO DI RAME INTRECCIATO	100 ÷ 1000 KHz
— CAVO COASSIALE	> 1000 MEGA HERTZ
— SATELLITI	10000 MEGA HERTZ
— MICROONDE	50000 MEGA HERTZ
— FIBRE OTTICHE CON MODULATORE LASER	50.000.000 MEGA HERTZ

Tabella 2.1 — Caratteristiche di banda dei più comuni mezzi trasmissivi.

IL DOPPINO TELEFONICO

Con il nome di "doppino" si indica comunemente un cavo intrecciato costituito da due fili di rame isolati tra loro collegante il telefono domestico o di ufficio alla più vicina centrale telefonica pubblica o privata. Alcune volte, con particolari tipi di segnalazione, invece di due fili ve ne sono quattro ed in tal caso si parla di doppia coppia.

Dei due fili di rame che comunque la costituiscono uno ha la funzione di trasporto del segnale rappresentante la voce (fonia) od i dati mentre il secondo costituisce il riferimento di terra del segnale stesso.

Di per sè un conduttore di questo tipo è in grado di trasportare informazioni con una velocità di sino a un megabit (un milione di bit) al secondo senza incontrare particolari difficoltà.

Le limitazioni alla capacità teoricamente supportabile dal doppino (in seguito ci riferiremo a lui come ad un canale) sorgono dalle limitazioni che appositi filtri posti nelle centrali telefoniche a cui gli stessi sono connessi, introducono sulla banda effettivamente utilizzabile riducendola ad un intervallo di frequenza che va da circa 300 a circa 3700 Hz. Considerazioni basate su studi effettuati da Shannon portano a concludere che con una banda utile di queste dimensioni (circa 3000 Hz) ed un rapporto segnale/rumore tipico di un canale telefonico il valore massimo dei bit che possono essere trasmessi ogni secondo non supera i 30000 e ciò indipendentemente dalla frequenza con cui il segnale da trasmettere viene campionato o dal numero dei livelli con cui lo stesso viene trasmesso.

La legge matematica accennata elaborata da Shannon che in funzione della larghezza di banda utile (B), della potenza media del segnale (S) e della potenza media del rumore (R) dà la capacità del canale (C) in bit al secondo (b/s) è la seguente:

$$C = B \cdot \mathrm{Log}_2(1 + S/R)$$

e da essa con un rapporto segnale/rumore pari a 1000 si ottiene:

$$C = 3000 \ \mathrm{Log}_2 \ (1 + 1000) = 30000$$

Parlando di limiti di velocità in b/s di un canale con una certa banda è indispensabile puntualizzare la distinzione esistente tra velocità in baud e quella espressa in bit. Come già accennato un limite teorico in b/s è di 30000 anche se già per ottenere una velocità di 9400 b/s sono richieste apparecchiature di una notevole complessità e costo elevato.

Se il segnale che costituisce i dati da trasmettere è, come si verifica comunemente, di due livelli (figura 2.1) e cioè di tipo binario in base ad un teorema di Nyquist si ottiene che il limite in velocità si riduce a 6000 bit per secondo (bps) notevomente più basso dei 30000 su enunciati ed enormemente inferiore al megabits praticamente supportabile se non esistessero le limitazioni di banda artificialmente introdotte.

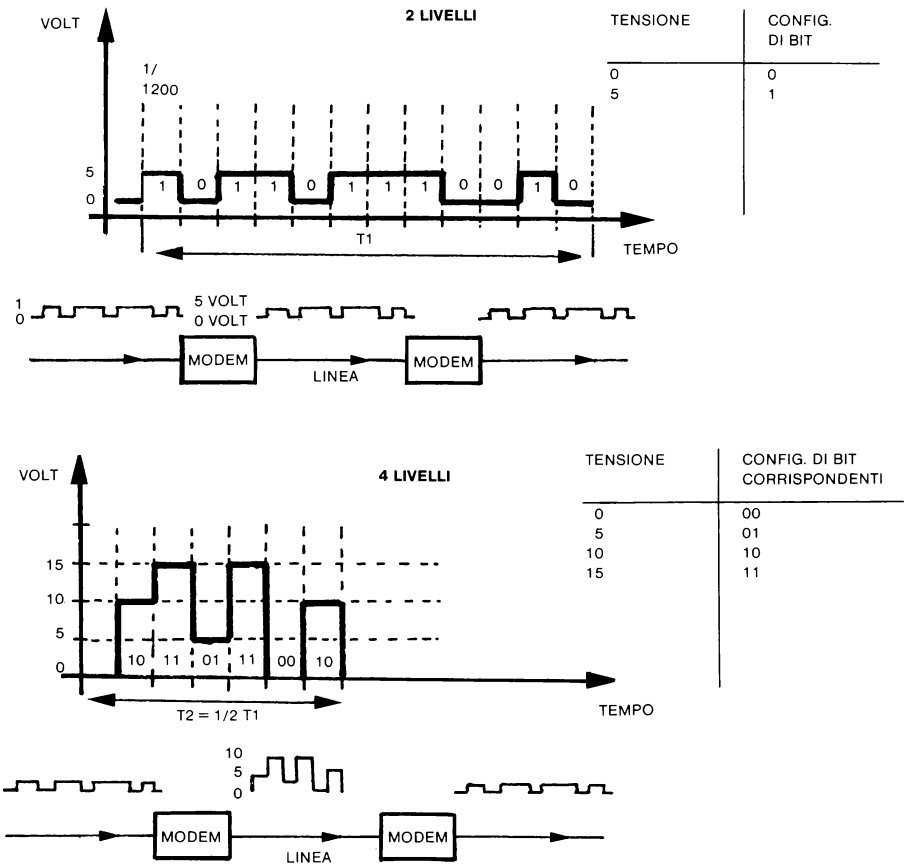
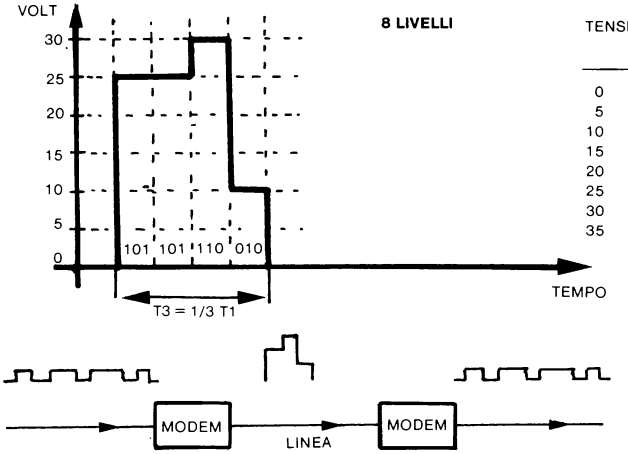


Figura 2.1 — Trasmissione di un segnale binario a due, quattro e otto livelli con velocità in bit rispettivamente pari, doppia e tripla della velocità in baud.



TENSIONE	CONFIG. DI BIT CORRISPONDENTI
0	000
5	001
10	010
15	011
20	100
25	101
30	110
35	111

Figura 2.1 — (continua).

Ritornando alla differenza tra bit e baud si può dire che per baud si intende l'unità di modulazione. Un baud corrisponde ad una frequenza di una unità per secondo e la velocità in baud corrisponde al reciproco della durata in secondi dell'intervallo elementare. Così se l'intervallo unitario è di 20 millisecondi la velocità in baud sarà di 1/20 msec = 50 baud.

Per bit per secondo si intende invece il numero effettivo di informazioni unitarie trasmesse.

Un esempio servirà a chiarire meglio le differenze enunciate.

Se un segnale può variare solamente tra due livelli di tensione (indicati come livello zero e livello uno) ad ogni variazione di segnale corrisponde una sola informazione e ne consegue che la velocità in bit è uguale alla velocità espressa in baud; si può indifferentemente riferirsi alla velocità di trasmissione utilizzando indifferentemente un termine o l'altro. Se un segnale può invece assumere più livelli (ad es. quattro: 0, 1, 2, 3) di tensione è possibile far corrispondere ad ognuno di questi livelli una delle quattro combinazioni possibili ottenibili da una coppia di bit (00, 11, 10, 01).

La velocità di trasmissione in bit che ne risulta è doppia della velocità in baud in quanto per ogni variazione di livello (dei quattro disponibili) in un intervallo elementare di tèmpo corrisponde una coppia di bit. Ancora più marcata diventa la differenza tra le due velocità utilizzando otto livelli diversi del segnale trasmesso in quanto ad ogni livello diventa possibile associare una configurazione di tre bit ottenendo una velocità trasmissiva tripla.

La figura 2.1 illustra con un esempio quanto detto riferendosi ad una situazione in

cui si desidera trasmettere una sequenza binaria di bit del tipo comunemente prodotto da un elaboratore avente la configurazione seguente:

..... 1 0 1 1 0 1 1 1 0 0 1 0 .....

Nel caso il segnale di linea possa assumere solamente due valori (ad es. 0 e 5 volt) e la velocità con cui lo stesso può variare sia di 1200 volte al secondo (1200 baud) l'unica alternativa consiste nel far corrispondere al bit 1 il valore di tensione 0 o 5 volt ed al bit 0 il valore di tensione rispettivamente di 5 o 0 volt.

La trasmissione dei 12 bit richiederà 12 intervalli di tempo ognuno con il livello di tensione 0 o 5 in funzione del valore del bit corrispondente.

Sia la velocità in baud che in bit risulta quindi di 1200 b/s.

Se il segnale può invece assumere quattro livelli (caso b) la sequenza di bit viene suddivisa nelle seguenti coppie:

..... 1 0, 1 1, 0 1, 1 1, 0 0, 1 0 .....

ed ognuna viene trasmessa in un intervallo elementare associandola a quello dei quattro livelli corrispondentegli per definizione.

In ricezione, mediante un'operazione inversa, si riottiene la sequenza di bit iniziale.

Emerge subito che la velocità di trasmissione espressa in bit/sec aumenta, e conseguentemente diminuisce il tempo richiesto, con l'aumentare del numero dei livelli pur a parità, nei due casi, della velocità in baud.

Un comune canale telefonico, costituito da un doppino in rame, non si presta comunque alla trasmissione su lunghe distanze di segnali digitali e questo per un insieme di motivi di diversa origine. Effetti capacitivi ed induttivi creano infatti una progressiva attenuazione del segnale trasmesso rendendolo dopo un certo percorso difficilmente intellegibile.

I segnali digitali a livelli discreti come quelli di figura sono solamente una idealizzazione del segnale che effettivamente viaggia sul canale. Lo stesso infatti è composto da un insieme di onde sinusoidali di frequenza diversa chiamate armoniche la cui somma costituisce la forma visibile istante per istante del segnale stesso.

Il problema sorge a causa del fatto che queste onde non viaggiano tutte alla stessa velocità e dopo aver compiuto un certo percorso rispetto al punto di origine risultano sfasate le une rispetto alle altre e la somma viene ad assumere un inviluppo che presenta notevoli distorsioni rispetto alla forma originale del segnale.

Col progressivo allontanarsi dalla sorgente lo spostamento progressivo incrementa e l'inviluppo diventa sempre più distorto sino a non permettere la ricostruzione corretta del segnale originario.

Il problema viene risolto non trasmettendo un segnale in continua ma bensì un segnale costituito da una singola frequenza (chiamata portante) e modulandola con il segnale che si desidera trasmettere.

Le tecniche di modulazione sono diverse e di esse si parlerà a proposito dei modem. Consiste sostanzialmente di un metodo in base al quale si sovrappone alla frequenza portante l'effettivo segnale informativo permettendone così un trasferimento indistorto od almeno in cui il fenomeno di distorsione risulta fortemente limitato.

Nell'esempio precedente il segnale digitale verrebbe trasformato in linea, e per il caso a di figura 2.1 nella presenza od assenza della portante. I casi b e c richiedenti un segnale multilivello devono poter disporre, oltre che dell'informazione costituita dalla presenza o dalla mancanza della portante anche di informazioni aggiuntive e ciò viene ottenuto mediante una modulazione a variazione di fase rispetto alla fase normale di riferimento della stessa (figura 2.2).

Il segnale in linea può ad esempio venire sfasato rispetto alla fase normale di 45, 135, 225 o 315 gradi e ad ognuno degli sfasamenti far corrispondere una delle quattro coppie di bit.

La definizione dell'equivalenza tra fase e sequenza di bit corrispondente, sia nel caso di due bit (dibit) che di tre bit (tribit) è stata soggetto di definizione in standard internazionali e precisamente:

La raccomandazione V 26 bis del CCITT definisce la corrispondenza esistente per la trasmissione dati mediante dispositivi di modulazione-demodulazione (MoDem) effettuata su linee telefoniche pubbliche commutate operanti con velocità di 2400, o in modo ridotto a 1200, bit/sec.

La raccomandazione V 27 bis fa la stessa cosa per velocità in bit di 4800 o 2400. Le rispettive tabelle di corrispondenza ed i diagrammi di fase così come definiti dal CCITT sono riportati in Figura 2.2.

Un esempio che abbina una modulazione di fase della portante ad una sua contemporanea in ampiezza è rappresentato dalla raccomandazione V 29 relativa alla trasmissione di informazioni su linee private, di tipo punto a punto a quattro fili (doppia coppia) con una velocità di 9600 bit/sec.

La trasmissione dei bit viene realizzata raggruppandoli in gruppi di quattro bit consecutivi (chiamati nel loro insieme quadbit).

Il primo dei quattro viene utilizzato per definire l'ampiezza che deve assumere la frequenza portante (che è pari a 1700 Hz, velocità in baud). I tre bit restanti sono invece utilizzati per determinare la fase della portante in modo identico a quanto avviene per la raccomandazione V 27.

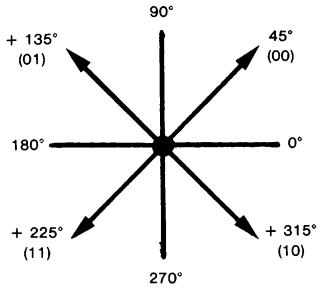
Un processo inverso, presso l'unità di ricezione, permette la ricostruzione della sequenza di bit originaria.

Un maggior sfruttamento della capacità trasmissiva del doppino richiede che si faccia uso da una parte di apparecchiature sofisticate, come concentratori o multiplexer, e dall'altra l'utilizzazione di un canale che colleghi direttamente i due punti da connettere evitando il passaggio attraverso i filtri che limitano la larghezza di banda.

V26 bis 1200/2400

MODULAZIONE DI FASE
A 4 FASI

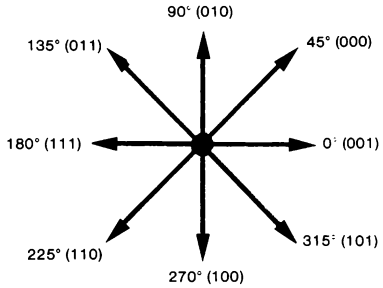
DI BIT	FASE
00	+ 45°
01	+ 135°
11	+ 225°
10	+ 315°



V27 bis 2400/4800

MODULAZIONE DI FASE
A 8 FASI

TRI BIT	FASE
001	0°
000	45°
010	90°
011	135°
111	180°
110	225°
100	270°
101	315°



BIT Q_2 Q_3 Q_4	FASE
001	0°
000	45°
010	90°
011	135°
111	180°
110	225°
101	270°
101	315°

V29 - 9600 b/s

MODULAZIONE A 8 FASI E DUE LIVELLI

Q_1	FASE	AMPIEZZA
0	0,90°, 180°, 270°	3
1		5
0	45°, 135°, 225° 315°	$\sqrt{2}$
1		$3\sqrt{2}$

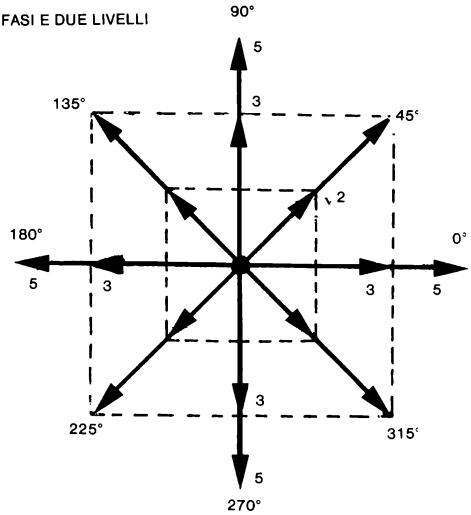


Figura 2.2 — Modulazione di fase a quattro, otto e sedici livelli come previsto dalle raccomandazioni internazionali CCITT V26 bit, V27 bis e V29.

CAVI COASSIALI

Un passo avanti rispetto al comune doppino di rame e di cui costituisce un miglioramento più che una vera e propria innovazione (come vedremo in seguito per le fibre ottiche) è costituito dal cavo coassiale formato da due conduttori concentrici isolati reciprocamente e ricoperti da materiale protettivo.

La struttura è tale per cui mentre il segnale viaggia in una direzione sul conduttore interno, il segnale di ritorno si propaga nella direzione opposta sul conduttore esterno. L'effetto principale che si ottiene consiste in una forte riduzione sia dell'attenuazione del segnale che dell'influenza delle interferenze elettromagnetiche.

A fronte di un costo nettamente superiore rispetto al convenzionale doppino si ha che i ripetitori, apparecchi che hanno la funzione di rigenerare il segnale attenuato e distorto, richiesti su una certa tratta sono in numero inferiore e ciò, abbinato ad una larghezza utile di banda di circa 20 megahertz, rende possibile convogliare sullo stesso cavo ed in modo relativamente economico sino a circa 4000 canali fonici contemporanei.

Un ulteriore e non trascurabile vantaggio, soprattutto sulle tratte trasmissive di una certa lunghezza, deriva dalla velocità intrinseca di propagazione del segnale elettrico all'interno del cavo.

Tale velocità eguaglia approssimativamente quella della luce nel caso l'isolante tra i due conduttori sia l'aria e varia da un quarto ad un mezzo della velocità della luce (300000 Km/sec) con diversi tipi di isolante realizzati con materiali solidi.

Anche se la distorsione del segnale è superiore a quella che si ha in un doppino intrecciato una velocità di propagazione superiore di un fattore 10 (a frequenze vocali è per un doppino di 15:30000 Km/sec a secondo delle sue caratteristiche) oltre a diminuire i tempi di trasmissione permette di eliminare nella maggior parte dei collegamenti i circuiti che servono ad eliminare l'eco della voce che, dopo aver raggiunto il punto di destinazione ritorna al punto di origine.

FIBRE OTTICHE

La trasmissione mediante fibre ottiche è una tra le più recenti tecniche emerse come mezzo per supportare trasmissioni a larga banda e si prospetta come il mezzo che nel lungo termine sostituirà la maggior parte dei sistemi trasmissivi esistenti.

L'idea di base che ha portato alla realizzazione delle fibre ottiche ed al loro utilizzo nel settore della trasmissione delle informazioni è stata quella di inviare invece che segnali elettrici in un cavo di rame, dei segnali luminosi all'interno di un sottile supporto trasparente realizzato con un materiale che permette il passaggio del segnale luminoso, appunto una fibra ottica (figura 2.3).

Il problema principale riscontrato nelle prime fibre realizzate fu costituito dalla forte attenuazione introdotta dal materiale trasmissivo utilizzato e che risultava essere pari al 20% dell'intensità del segnale per ogni metro lineare di fibra.

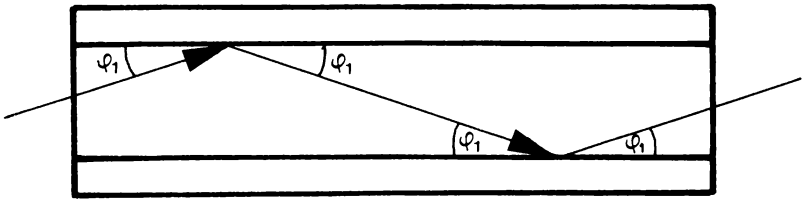


Figura 2.3 — Sezione di una fibra ottica e percorso del raggio luminoso modulato al suo interno.

Le attuali fibre sono invece attestate su un livello di attenuazione pari a circa lo 0,5 per mille, valore che corrisponde ad una attenuazione di 2 dB per chilometro del segnale trasmesso.

I miglioramenti continui nella qualità del mezzo trasmissivo hanno inoltre avuto come effetto collaterale che i ripetitori del segnale ottico, analoghi dal punto di vista funzionale ai ripetitori posti lungo le linee telefoniche convenzionali, possono essere spaziati ogni 25-30 chilometri invece che ogni 2-3 chilometri.

Un secondo vantaggio è costituito dalla maggior larghezza di banda e quindi dalla possibilità di contenere più canali trasmissivi fonia o dati.

A titolo di esempio la banda ottenibile modulando il fascio luminoso (equivalente della portante) con dei LASER è nell'ordine dei GigaHertz (=1000 megahertz; circa 1000 volte quella di un doppino di rame) mentre se la modulazione viene fatta con circuiti integrati a LED risulta di alcune centinaia di megahertz.

Aspetti non trascurabili sono anche che a fronte di un costo delle materie prime in continua ascesa in modo inversamente proporzionale alla loro disponibilità, il materiale costitutivo di base delle fibre ottiche, la comune silice, è praticamente inesauribile e, ultimo ma non meno importante aspetto è l'assoluta insensibilità a disturbi di origine induttiva o dovuti ad intensi campi elettromagnetici.

La diafonia, il fenomeno per cui i segnali su cavi adiacenti interferiscono reciprocamente, così comune nei circuiti telefonici esistenti, è praticamente inesistente in un collegamento realizzato con fibre ottiche.

A fronte di questi vantaggi si pone il problema di come trasmettere segnali continui o come, in seguito ad una rottura accidentale del cavo, realizzare la riparazione in modo da garantire il perfetto riallineamento dei due tronconi di fibra.

Un sistema di comunicazione basato sulle fibre ottiche è costituito da una sorgente luminosa accoppiata all'estremo di una fibra (figura 2.4).

L'altro estremo della fibra, quello presso il punto di destinazione dell'informazione viene invece accoppiato con un rilevatore che provvede alla riconversione del segnale luminoso in segnale elettrico utile.

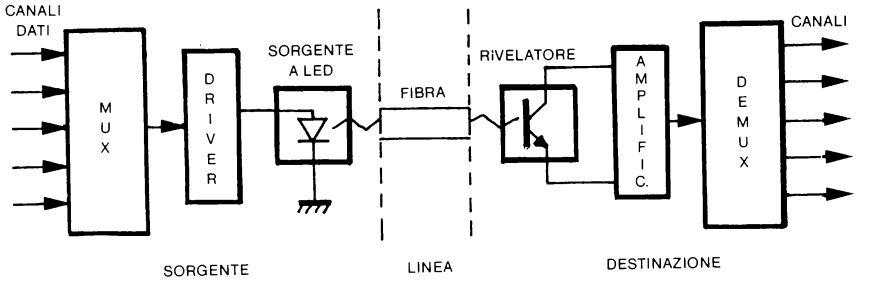


Figura 2.4 — Tramissione dati mediante fibre ottiche.

SATELLITI E MICROONDE

La potenzialità trasmissiva delle microonde si pone tra quella del cavo coassiale e delle fibre ottiche.

Operando a frequenze superiori al gigahertz un collegamento mediante microonde può trasportare migliaia di canali fonici anche se una delle sue più diffuse utilizzazioni è inerente alla trasmissione di segnali televisivi. La limitazione all'uso delle microonde costituita dal fatto che queste si propagano in linea retta e quindi i ripetitori o le stazioni trasmittenti e riceventi devono operare a vista è compensata dal fatto che mentre un cavo coassiale richiede la presenza di ripetitori ogni 3-6 chilometri per collegamenti mediante microonde questa distanza sale a 30÷40 chilometri. Le limitazioni all'utilizzo di collegamenti a microonde imposte dal ristretto raggio d'azione sono state superate con la comparsa dei satelliti per telecomunicazione.

Tre satelliti posti in orbite geostazionarie permettono di coprire, tranne i poli, l'intera superficie terrestre. Una stazione di terra che invia dati verso un satellite mediante un collegamento a microonde può avere lo stesso riinviato a tutte le stazioni di terra poste entro il raggio d'azione o di copertura del satellite (figura 2.5). Il fatto poi che, prescindendo dalla potenza di irradiazione richiesta al satellite, la trasmissione possa essere ricevuta anche da stazioni mobili rende i collegamenti a microonde via satellite particolarmente adatti per assicurare servizi di comunicazione da/verso mezzi in movimento.

Un settore che all'introduzione dei satelliti deve il proprio sviluppo è costituito dalle tecniche sviluppatesi per ottimizzare l'utilizzo della banda trasmissiva utile dei satelliti e che ora trovano applicazione, con alcuni adattamenti alle esigenze specifiche, per trasmettere informazioni sia sulle reti dati a commutazione di pacchetto che in alcune delle reti locali per calcolatori recentemente sviluppate.

La spinta all'ottimizzazione della utilizzazione della banda è derivato ovviamente dall'alto costo di lancio e di gestione degli apparati di terra nonchè dalla durata prevista di un dispositivo, il satellite, su cui non è possibile intervenire per effettuare riparazioni o manutenzione.

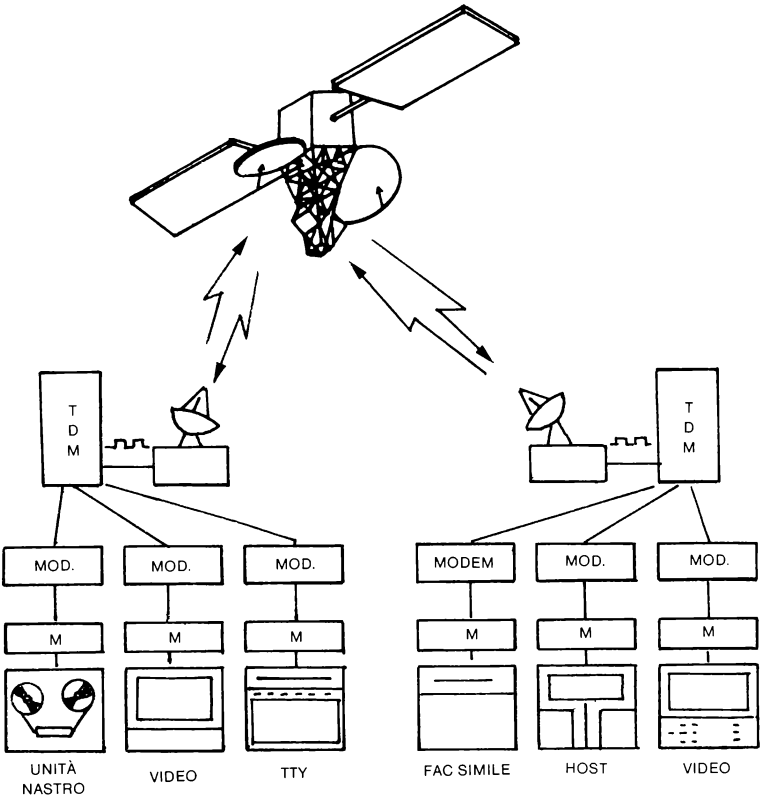


Figura 2.5 — Sistema tipico di comunicazione via satellite.

Il concetto fondamentale che regola l'utilizzo della banda trasmissiva di un satellite è quello dell'accesso multiplo. Per comprendere appieno come questo opera occorre considerare la struttura di massima di un satellite e come si comporta.

L'operazione fondamentale consiste nel ricevere i segnali provenienti da stazioni di terra su canali con una frequenza portante preassegnata e riinviarli verso la stazione di destinazione operante su un diverso canale con una propria frequenza portante.

Ciò viene fatto utilizzando dei dispositivi chiamati trasponder che provvedono a convertire i dati dalla banda di frequenza di ricezione in quella di trasmissione specifica della stazione destinataria.

L'accesso multiplo è una tecnica che permette ad un certo numero di stazioni trasmittenti di terra l'utilizzo contemporaneo della banda di frequenza gestita da uno dei transponder allocati all'interno di un satellite.

I tre metodi attualmente diffusi sono l'FDMA, il TDMA ed il CDMA (figura 2.6).

L'FDMA (frequency division multiple access) è un metodo di accesso multiplo a divisione di frequenza in base al quale una stazione di terra ha a disposizione una parte (eventualmente allocabile in modo dinamico in base alle effettive necessità dell'utente o su base di chiamata) della banda trasmissiva e occupa tale parte, insieme alle altre risorse del satellite, per l'intera durata della sessione trasmissiva.

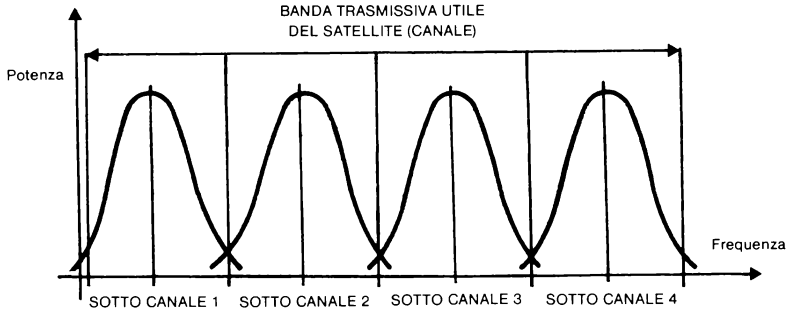
Il TDMA (Time Division Multiple Access) consiste in un accesso multiplo a divisione di tempo e a differenza del FDMA un canale occupa tutta la banda trasmissiva a disposizione ma in modo discontinuo.

Stabilito un intervallo di tempo entro il quale tutte le stazioni che utilizzano la banda devono poter trasmettere, questo intervallo viene diviso per il numero delle stazioni.

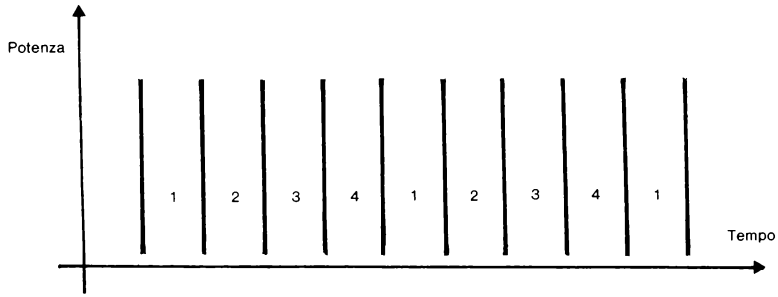
Così mentre per l'FDMA il canale di una singola stazione è costituito da una parte della banda di frequenza nel TDMA esso è costituito da una successione regolare di intervalli di tempo separati dagli intervalli dedicati agli altri utilizzatori.

Con il metodo CDMA (Code Division Multiple Access), acceso multiplo a divisione di codice infine, la utilizzazione della banda non si basa nè su una suddivisione della frequenza nè del tempo ma bensì su un sistema in base al quale la frequenza portante del canale viene modulata a variazione di fase con un codice pseudocasuale differente.

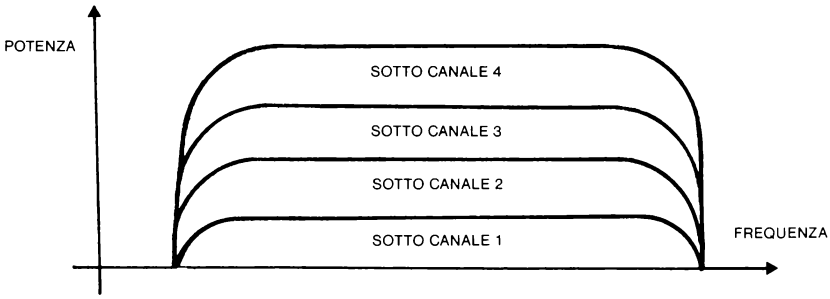
Di questi tre metodi il TDMA è quello che ha conosciuto maggior diffusione e, come si vedrà in seguito, ha quasi del tutto sostituito la tecnica FDMA nella realizzazione di multiplex per reti dati.



ACCESSO MULTIPLO A DIVISIONE DI FREQUENZA



ACCESSO MULTIPLO A DIVISIONE DI TEMPO



ACCESSO MULTIPLO A DIVISIONE DI CODICE

Figura 2.6– Metodi di accesso FDMA e CDMA.

Bit 1, 2, 3, 4:		Bit 5, 6, 7: 000	100	010	110	001	101	011	111
		0	1	2	3	4	5	6	7
0000	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	'	p
1000	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0100	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
1100	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0010	4	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
1010	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
1110	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
0001	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
0101	10	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1101	11	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
0011	12	FF	FS	,	<	L	\	l	¦
1011	13	CR	GS	-	=	M	]	m	}
0111	14	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	15	SI	US	/	?	O	^	o	DEL

CODICE ASCII

B_7 B_6 B_5 B_4	Row \ Col / B_3 B_2 B_1 B_0	0 / 0000	1 / 0001	2 / 0010	3 / 0011	4 / 0100	5 / 0101	6 / 0110	7 / 0111	8 / 1000	9 / 1001	A / 1010	B / 1011	C / 1100	D / 1101	E / 1110	F / 1111
0000	0	NUL	SOH	STX	ETX	PF	HT	LC	DEL		RLF	SMM	VT	FF	CR	SC	SI
0001	1	DLE	DC1	DC2	DC3	RES	NL	BS	IL	CAN	EM	CC		ITS	IGS	IRS	IUS
0010	2	DS	SOS	FS		BYP	LF	EOB/ETB	ESC/PRE			3M			ENR	ACK	BEL
0011	3			SYN		PN	RS	UC	EOT					DC4	NAK		SUB
0100	4	SP										c	●	<	(	+	|
0101	5	&										!	$	*	)	;	¬
0110	6	—	/								/		,	%	—	>	?
0111	7											:	=	@	'	=	"
1000	8		a	b	c	d	e	f	g	h	i						
1001	9		j	k	l	m	n	o	p	q	r						
1010	A		~	s	t	u	v	w	x	y	z						
1011	B																
1100	C	{	A	B	C	D	E	F	G	H	I						
1101	D	}	J	K	L	M	N	O	P	Q	R						
1110	E			S	T	U	V	W	X	Y	Z						
1111	F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9						

CODICE EBCDIC

CAPITOLO 3

DISPOSITIVI PER TRASMISSIONE DATI

In attesa che nei prossimi anni divengano disponibili linee appositamente concepite per la trasmissione dati, per la gran parte degli utenti l'unica soluzione effettivamente praticabile per realizzare le proprie applicazioni distribuite è quella di usufruire delle normali linee telefoniche, utilizzando la rete capillare già esistente.

Poichè, storicamente, la tecnologia utilizzata per la trasmissione telefonica è stata quella analogica e poichè su questa tecnologia i gestori dei servizi di telecomunicazioni hanno effettuato enormi investimenti, lungi dall'essere ancor oggi ammortizzati (soprattutto in Paesi caratterizzati da una telefonizzazione di massa tutto sommato piuttosto recente, come la stessa Italia), è realistico che ancora per molto tempo la trasmissione dati potrà essere fatta con l'utilizzo di apposite apparecchiature in grado di convertire i segnali digitali dei propri elaboratori e terminali in segnali analogici trasmissibili mediante linee telefoniche.

In realtà oggi, dal punto di vista tecnologico, la stessa telefonia potrebbe essere più efficientemente gestita mediante reti digitali (con tecniche di codifica e decodifica della voce), ma, per i predetti motivi di carattere economico (ammortamenti degli investimenti già effettuati), questa strada viene seguita con notevole parsimonia. Di conseguenza gli utenti di trasmissione dati dovranno ancora per molti anni (una completa «numerizzazione» della rete non è prevista prima della fine del secolo) fare i conti,nell'utilizzare le normali linee telefoniche, con la tecnologia analogica e, quel che è peggio, con i «rumori» indotti dalle centrali elettromeccaniche preposte alla commutazione.

Da tutto ciò deriva che il generico utente di trasmissione dati, per realizzare le sue applicazioni, deve basarsi essenzialmente sulle apparecchiature di «traduzione» dei dati digitali in forme d'onda analogiche (e viceversa). È all'evoluzione tecnologica di queste apparecchiature che, per i motivi esposti, sono destinate a rivestire un ruolo determinante ancora per molti anni, che è oggi affidato il compito di fornire all'utente un servizio qualitativamente più affidabile e quantitativamente più efficiente in termini di throughput.

IL MODEM

Come visto nei paragrafi precedenti per poter trasmettere dati digitali attraverso un mezzo di comunicazione analogico, come è la tradizionale linea telefonica, è necessario che l'unità trasmittente MOduli l'originale segnale binario in un segnale analogico e che l'unità ricevente lo DEModuli, ritrasformandolo in un segnale digitale utilizzabile da un elaboratore o da un terminale. Proprio facendo riferimento a queste due operazioni fondamentali, le apparecchiature destinate a svolgere entrambe le funzioni sono comunemente chiamate MODEM.

Sotto il termine di modem sono però classificate apparecchiature che, pur svolgendo tutte una fondamentale funzione di «traduzione» da digitale ad analogico (e viceversa) su linee telefoniche, sono spesso tra loro significativamente diverse.

Una prima grande classificazione dei modem può essere effettuata tra apparecchiature destinate alla trasmissione dati su linee telefoniche pubbliche ed apparecchiature destinate a svolgere analoghe funzioni a livello locale. Queste ultime, anch'esse definite con il termine di modem, si distinguono abbastanza profondamente dalle prime sia tecnicamente (utilizzano generalmente trasmissioni dirette in banda base) che funzionalmente. Generalmente queste unità permettono di raggiungere velocità nell'ordine delle decine di migliaia di bit/s, con distanze massime di poche decine di chilometri. A parità di supporto trasmissivo (cavo) esiste generalmente un rapporto inverso tra distanza e velocità. In tal modo, se il collegamento è, ad esempio, tra apparecchiature distanti 20 km può avvenire a 9.600 bit/s, mentre se la distanza è, per esempio, di 2 km, esso può avvenire anche a velocità prossime ai 30 mila bit/s. In seguito ci fermeremo ulteriormente su questo particolare tipo di modem, adottato da utenti con esigenze applicative piuttosto particolari. Per il momento consideriamo solamente modem che si interfacciano con linee telefoniche comuni. È così possibile effettuare un'ulteriore distinzione fondamentale con unità che effettuano questo collegamento in maniera indiretta, denominate modem fonici (o, più comunemente, accoppiatori acustici).

Queste ultime apparecchiature, molto economiche e molto interessanti per la loro semplicità di utilizzo ed assoluta trasportabilità, stanno riscontrando una notevole diffusione in un gran numero di applicazioni distribuite, tra le quali spiccano quelle relative all'acquisizione dati da terminali portatili, di accesso a banche dati remote e quelle di colloquio sporadico tra personal e microcomputer. Viceversa, la scarsa velocità consentita dagli accoppiatori acustici (raggiungono al massimo 1.200 bit/s) e la loro relativamente minore affidabilità rispetto ai modem a collegamento elettrico diretto, ne comporta un limitato utilizzo nelle applicazioni più standardizzate di informatica distribuita, nelle quali esistono degli scambi piuttosto sostenuti di informazioni tra sistemi.

Fatte queste premesse, salvo espresso riferimento, d'ora in poi ci occuperemo dei modem più tipici, cioè quelli caratterizzati da un collegamento elettrico diretto tra apparecchiatura e linea telefonica.

LE TECNICHE DI MODULAZIONE

Parlando di apparecchiature che effettuano una «traduzione» di segnali digitali in segnali analogici, è evidente che gli «schemi di traduzione» assumono una notevole importanza. Proprio in base a questi schemi è infatti possibile ottenere prestazioni quantitative e qualitative di un tipo piuttosto che di un altro.

A questo proposito è interessante notare che, nella loro evoluzione, i modem hanno impiegato tutte e tre le essenziali tecniche di modulazione esistenti e loro derivati: modulazione di ampiezza, modulazione di frequenza e modulazione di fase. Oggi come oggi si può affermare che tutte e tre le famiglie di tecniche sono utilizzate da apparecchiature presenti sul mercato, con un predominio della modulazione di frequenza (FSK) per i modem a velocità più contenute, della modulazione di fase (PSK) per le apparecchiature a velocità intermedie e della modulazione di ampiezza (QAM) per i sistemi più veloci.

Modulazione di frequenza

In questo tipo di modulazione (figura 3.1) la frequenza portante viene generalmente modulata con più o meno 500 Hz in modo da poter rappresentare i due valori binari 1 e 0. Poichè la banda di frequenza tipica delle linee telefoniche è quella da 300 a 3.400 Hz, viene tipicamente utilizzata una portante di 1.700 Hz con frequenze di 1.200 e 2.200 Hz per rappresentare rispettivamente i valori 1 e 0.

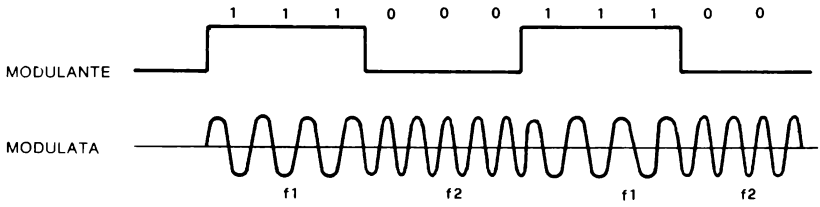


Figura 3.1 — Esempio di modulazione di frequenza.

Modulazione di ampiezza

La modulazione di ampiezza (figura 3.2) permette la trasmissione di informazioni binarie associando ai valori 1 e 0 due ampiezze diverse della frequenza portante trasmessa in linea. La modulazione di ampiezza offre la possibilità di avere più di due livelli, permettendo quindi la trasmissione di più bit nello stesso intervallo temporale. La tecnica QAM (Quadrature Amplitude Modulation) è proprio basata su un sistema di codifica che permette di ottenere elevati throughput (9.600 bit/s ed oltre) anche con la limitata larghezza di banda delle linee foniche (circa 3KHz).

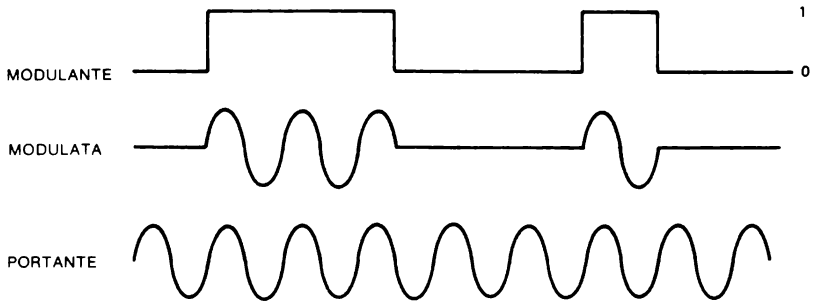


Figura 3.2 — Esempio di modulazione di ampiezza.

Modulazione di fase

È un tipo di modulazione in cui ad una variazione nella stringa di bit entrante nel modem viene associata una variazione di fase (di solito di 180 gradi) della portante in linea. Con opportune tecniche di decodifica si riescono ad ottenere throughput piuttosto elevati, il che ha portato ad una notevole diffusione dei modem basati su questa tecnica (figura 3.3).

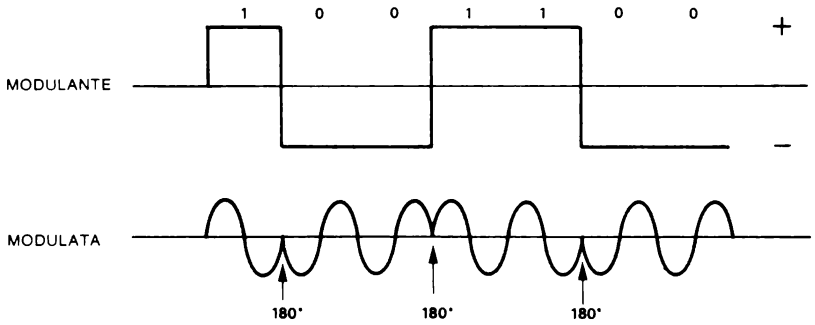


Figura 3.3 — Esempio di modulazione di fase.

TIPI DI TRASMISSIONE

Una volta chiarite le tre basilari famiglie di tecniche sulle quali si basa la «traduzione» dei dati binari in forma analogica al fine di poter essere inviati su linee telefoniche, è ora importante evidenziare le caratteristiche dei tre tipi fondamentali di canali di comunicazione e cioè il Simplex, l'Half Duplex ed il Full Duplex.

Simplex

Con questo tipo di canale (figura 3.4) la trasmissione è strettamente unidirezionale. Esiste una precisa gerarchia tra unità che trasmette e unità che riceve e non è possibile invertire i due ruoli per dar vita ad un intescambio bidirezionale di dati. Chiaramente questa limitazione riduce notevolmente il campo di impiego di questo tipo di canale e, salvo casi particolari, nessun produttore offre oggi sul mercato modem caratterizzati solo da modalità simplex. È comunque chiaro che un canale simplex è ottenibile utilizzando in maniera unidirezionale un canale half-duplex o full duplex.

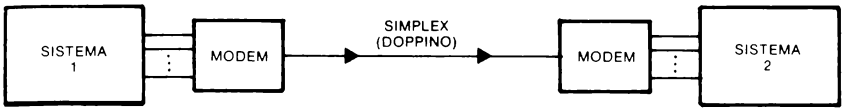


Figura 3.4 — In un canale di comunicazione di tipo simplex la trasmissione è sempre unidirezionale: il sistema 1 può solo trasmettere ed il sistema 2 può solo ricevere.

Half Duplex

Con questo tipo di canale (figura 3.5) la trasmissione può avvenire, a tempi alterni, nelle due direzioni. Prima il sistema 1 invia i dati al sistema 2 e poi quest'ultimo invia la sua risposta al sistema 1.

Nel caso in cui si utilizzi una linea a 2 fili, la linea deve essere scambiata (operazione effettuabile manualmente o automaticamente dal modem) per invertire la direzione di trasmissione. Nel caso in cui la linea sia composta da 4 fili lo scambio non è necessario, in quanto ad ogni coppia corrisponde una direzione di trasmissione.

Poichè durante i trasferimenti di dati in ogni singola direzione è necessario che la stazione in ricezione possa segnalare in qualche modo alla stazione originante che la trasmissione sta procedendo correttamente e poichè è poco pratico pensare di invertire ogni volta il senso della comunicazione per inviare dei semplici segnali di controllo (Ack: ricezione corretta, procedi oltre; Nack: ricezione errata, ritrasmetti il blocco), i modem half duplex dispongono anche di un «canale di servizio». Questo canale, detto anche «di supervisione», è ottenuto utilizzando una piccola sottobanda di frequenza accanto alla banda principale utilizzata per il canale trasmissivo vero e proprio. La figura 3.6 mostra chiaramente come la banda telefonica viene suddivisa in due sottobande, una, di maggiore dimensione, destinata alla trasmissione del flusso principale di dati ad alte velocità (ad esempio 1.200 bit/s), ed un'altra, piuttosto ridotta, destinata alla trasmissione, a bassa velocità 75 bit/s), di segnali di controllo in senso inverso al canale principale.

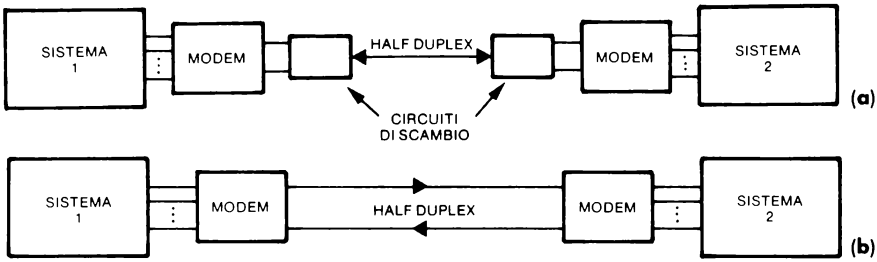


Figura 3.5 — In un canale di comunicazione di tipo half-duplex (semi duplice) la trasmissione può avvenire contemporaneamente in entrambi i sensi. si utilizza una linea a due fili, la linea stessa deve essere scambiata per invertire la direzione della trasmissione. Nel caso di linea a quattro fili lo scambio non è necessario.

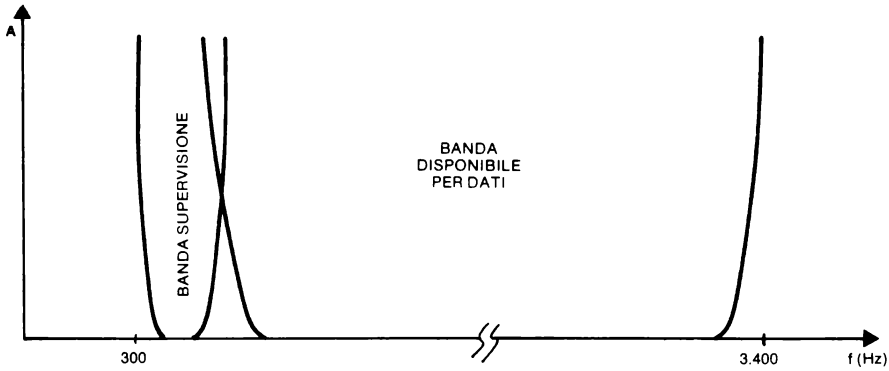


Figura 3.6 — Le due sottobande per la trasmissione dei dati e delle segnalazioni di supervisione ricavate nella banda fonica.

Full Duplex

Con questo canale la trasmissione tra due sistemi può avvenire simultaneamente nelle due direzioni (figura 3.7).

Tradizionalmente la struttura più comune per comunicazioni in full duplex è quella a 4 fili. Si stanno però diffondendo anche in Italia modem che offrono una capacità di trasmissione full duplex su linee a 2 fili. In questo caso lo spettro di frequenza della banda viene suddiviso in due canali di pari capacità, uno dedicato alla trasmissione e l'altro alla ricezione. Questa soluzione comporta naturalmente velocità di trasmissione più contenute di quelle ottenibili utilizzando l'intero spettro di frequenza, ma in un discreto insieme di applicazioni risulta particolarmente attraente.

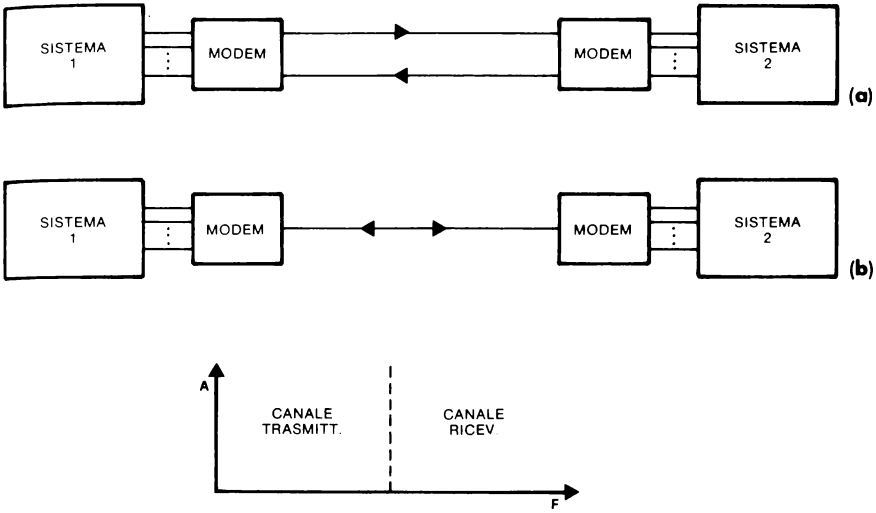


Figura 3.7 — In un canale di comunicazione di tipo full-duplex (pieno duplice) la trasmissione può avvenire contemporaneamente in entrambi i sensi. Generalmente la linea è a quattro fili (a). Nel caso di linea a due fili (b) si utilizzano dei modem che suddividono in due canali (trasmittente e ricevente) lo spettro della banda.

TRASMISSIONE ASINCRONA O SINCRONA

Oltre alla suddivisione in base alla tipologia di canale adottata, i modem sono ulteriormente caratterizzabili in base al tipo di trasmissione (asincrona-sincrona). Il primo tipo è generalmente adottato per comunicazioni a velocità di 1.200 bit/s o inferiori, mente il secondo è utilizzato per velocità di 1.200 bit/s o superiori. Le due tipologie sono strettamente connesse ai protocolli di comunicazione affrontati nei capitoli seguenti.

Trasmissione asincrona

La trasmissione asincrona deriva tipicamente dalla tradizionale interazione uomo-uomo o uomo-macchina tipica delle telescriventi. Essendo la velocità di «battitura» dell'operatore alla tastiera decisamente contenuta e non costante, in questo tipo di applicazioni era generalmente utilizzata una tecnica di trasmissione carattere per carattere. La linea, nella condizione normale (di riposo o attesa), è generalmente a

livello logico 1. Ogni carattere trasmesso viene fatto precedere da un bit di start (transizione dallo stato logico 1 allo stato logico 0) che segnala al terminale ricevente l'inizio della trasmissione di un carattere. Il dispositivo ricevente identifica così l'inizio della «trama» di informazione e preleva dalla linea il carattere trasmesso. Terminata la trasmissione del carattere la linea torna, per un certo numero di bit, allo stato logico 1, segnalando in tal modo la fine del carattere. Un successivo carattere innescherà nuovamente l'intero processo (figura 3.8).

A seconda del tipo di protocollo e di codice, un carattere è identificato, oltre che dal bit di start e da uno o più bit di stop, da un insieme variabile da 5 (codice Baudot) a 8 bit (codice EBCDIC).

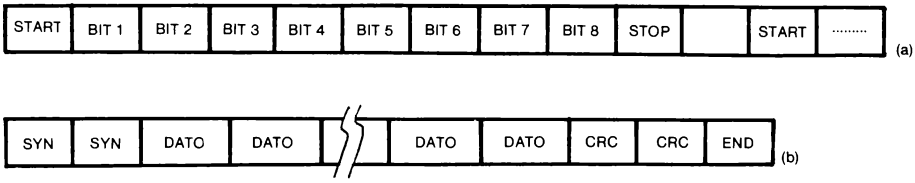


Figura 3.8 — Nella trasmissione asincrona (a) ogni carattere è preceduto da un segnale di start e seguito da uno di stop. Nella trasmissione sincrona (b) i dati vengono inviati per mezzo di blocchi costituiti da diverse decine di caratteri. Ogni blocco è preceduto da segnali di sincronismo e seguito da caratteri di controllo per il controllo della corretta trasmissione.

Trasmissione sincrona

Per gestire comunicazioni elaboratore-elaboratore (dove con il termine elaboratore si deve intendere, in questo caso, anche un moderno terminale intelligente), è chiaro che la trasmissione asincrona, nata e cresciuta tenendo conto dei limiti di velocità manuali dell'uomo, risulta in molti casi inadeguata.

Per gestire efficientemente flussi di dati ad alta velocità (sfruttando in maniera ottimale le linee) è stato quindi sviluppato un vasto insieme di schemi di trasmissione, che vengono raggruppati sotto il termine di «sincroni». Caratteristica comune di questi schemi è il fatto che non viene più inviato un carattere alla volta, quanto un blocco di caratteri per volta (figura 3.8 b). Ogni blocco, la cui lunghezza può essere anche di decine o centinaia di caratteri, è preceduto da almeno un carattere speciale di sincronismo (SYN) ed è generalmente seguito da un carattere di chiusura del messaggio e da uno o più caratteri di controllo, come, ad esempio, quelli visti atti alla verifica della corretta trasmissione del blocco tramite Codici di ridondanza.

Trascurando gli aspetti legati più specificamente ai singoli protocolli di comunicazione e soffermandoci in questo capitolo sugli aspetti più vicini ai modem, è interessante notare che, per la trasmissione sincrona, i modem generano un clock il cui

scopo è quello di sincronizzare tra loro l'unità trasmittente e quella ricevente. In questo modo, una volta ricevuto un carattere SYN all'inizio di un blocco, l'unità ricevente interpreta i segnali analogici che le provengono dall'unità trasmittente in funzione del clock di base.

Grazie a questo accorgimento (che però implica una maggiore complessità del modem e quindi un maggior costo) non sono più necessari i tradizionali bit di start e di stop, tipici della trasmissione asincrona, ottenendo così un più efficiente utilizzo della linea.

L'utilizzo di un modem può avvenire sia attraverso la normale rete telefonica commutata che attraverso linee, anch'esse telefoniche (ed analogiche), ma «dedicate». Nel primo caso, a partire dalla propria linea, l'utente può entrare in collegamento con una qualsiasi altra linea, nazionale o estera, in base al numero di telefono formato. Nel secondo caso l'utente può invece entrare in contatto solo con un determinato dispositivo, con il quale è collegato in maniera fissa.

Le due alternative hanno specifici vantaggi e svantaggi. A favore della linea commutata gioca il basso costo di base e la totale flessibilità di collegamento con qualunque altro numero. A favore della linea dedicata gioca l'immediata connettibilità (non è necessario formare alcun numero in quanto si è in contatto diretto), il maggior throughput ottenibile (sino a 9600 bit/s, grazie ai più ridotti disturbi che permettono di utilizzare più sofisticati schemi di codifica dei dati) e la maggior economicità in caso di utilizzo intensivo.

COLLEGAMENTO MEDIANTE LINEA COMMUTATA

Nel caso di trasmissione dati effettuata tramite la normale rete telefonica pubblica, il collegamento con il terminale o sistema con il quale si desidera comunicare viene realizzato, generalmente, componendo su un normale apparecchio telefonico il numero relativo al destinatario desiderato.

Sia il telefono che il modem sono collegati alla stessa linea telefonica e, tramite un'apposita chiave (o interruttore) telefono-dati presente sul modem stesso, è possibile abilitare l'apparecchio telefonico o il modem. Normalmente la chiave è girata sulla posizione telefono e l'apparato modem è disinserito dalla linea. Ciò naturalmente significa che l'apparecchio telefonico in questione può essere tranquillamente utilizzato per normali conversazioni telefoniche allorchè non è attivato il modem.

Come abbiamo già accennato, per iniziare una trasmissione dati tramite modem collegato alla rete pubblica commutata, si compone, con il telefono, il numero dell'interlocutore desiderato. Quando, all'altro capo della linea, giunge una risposta dall'operatore, è sufficiente portare la chiave (o l'interruttore) sulla posizione «dati», inserendo in tal modo il modem sulla linea. Una volta effettuata questa operazione da entrambi i lati della linea è possibile intraprendere la trasmissione dati tra i due sistemi geograficamente separati.

Per rendersi conto che la trasmissione dati è terminata i modem più semplici mettono a disposizione un piccolo altoparlante che riporta un «pigolio» continuo in corri-

spondenza del flusso di dati. L'assenza di questo leggero segnale fonico del modem segnala all'operatore che la trasmissione è da considerarsi conclusa o comunque sospesa; generalmente, in questa condizione, si riporta la chiave nella posizione «telefono» e si scambia con l'operatore all'altro capo della linea qualche comunicazione di servizio o, al limite, un semplice saluto.

Come appare chiaro da questa descrizione delle operazioni da compiere per effettuare una trasmissione dati attraverso la linea telefonica commutata, l'utilizzo di un modem non è nulla di complesso e qualunque utente, anche totalmente inesperto, può imparare agevolmente facendo qualche semplice collegamento di prova.

A questa notevole semplicità va aggiunta la flessibilità del mezzo che, come abbiamo visto, permette di entrare in comunicazione, a seconda delle esigenze, con qualunque altro utente dotato di telefono e di modem di tipo analogo. Virtualmente la rete commutata offre la possibilità di collegarsi con qualunque abbonato al servizio telefonico a livello mondiale, capacità indubbiamente molto attraente in un vasto insieme di applicazioni.

La descrizione riportata delle modalità di collegamento tra due modem su linea commutata mette in evidenza l'intervento fisico dell'operatore umano sia presso l'unità chiamante che presso quella chiamata.

In realtà questo intervento diretto dell'uomo non è intrinsecamente necessario. Se si vuole è infatti possibile adottare delle apposite apparecchiature, complementari ai modem (o incorporate in essi) in grado di effettuare delle «chiamate automatiche» sotto controllo di programmi eseguiti dall'elaboratore e di rispondere automaticamente in caso di chiamata da altro modem. Grazie a questa possibilità possono così essere realizzate applicazioni «non presidiate» che, in base ai risultati di elaborazioni, possono automaticamente avviare processi di trasmissione dati verso altri sistemi, il tutto senza richiedere alcun intervento da parte di operatori in nessuna fase del ciclo di attività. A fronte di queste potenzialità, l'utilizzo di linee telefoniche commutate implica però delle problematiche che, in diversi casi, sconsigliano l'adozione di questa soluzione.

Un primo elemento negativo è quello della scarsa qualità delle linee commutate, che spesso crea problemi non indifferenti alle trasmissioni. La ragione di questa scarsa qualità è principalmente da ricercare nel «rumore» indotto sulla linea dalle operazioni di commutazione presso le centrali telefoniche, basate ancor oggi per la quasi totalità su tecnologie elettromeccaniche. Oltre a ciò esiste il problema della non linearità di fase dei collegamenti commutati, che limita la possibilità di utilizzo dei più complessi sistemi di codifica.

Per ovviare a questi inconvenienti sono stati sviluppati adeguati sistemi di correzione. Per quanto riguarda il rumore impulsivo indotto dai relè delle centrali sono state messe a punto alcune tecniche di protezione del messaggio e per quanto riguarda la non linearità di fase sono state studiate procedure di equalizzazione automatica.

Poichè però, nel caso di linee commutate, a seconda della linea su cui avviene l'instradamento si riscontrano anche significative differenze nel tipo di rumore e nel-

la non linearità di fase, queste tecniche hanno potuto rimediare solo in parte ai problemi citati.

Come conseguenza di tutto ciò ne deriva che, tramite linee commutate, si riesce ad operare, con un buon margine di affidabilità, solo a velocità piuttosto contenute (300 e 1200 bit/s), raggiungendo al massimo i 2400 bit/s. A velocità superiori il tasso di errore è tale che le ritrasmissioni indotte dai protocolli evoluti (che richiedono il reinvio automatico di ogni blocco errato) sono così frequenti da degradare il rendimento effettivo della linea in misura così rilevante da vanificare la maggiore velocità teorica di trasmissione.

Oltre a questo inconveniente prettamente di «throughput» esiste, nel caso di trasmissione dati tramite linee commutate, anche un ulteriore inconveniente, legato intrinsecamente alla necessità di «formare un numero» per chiamare il destinatario. Sia che questa operazione venga fisicamente eseguita da un operatore mediante il disco combinatore del telefono, sia che venga svolta autonomamente da un dispositivo di chiamata automatica, essa comporta il trascorrere di un tempo di almeno 3-4 secondi tra l'istante in cui si inizia l'attività e quello in cui si può effettivamente cominciare a trasmettere.

Se in un vasto insieme di applicazioni questo gap temporale è del tutto irrilevante, nel caso di reti di informatica distribuita di tipo transazionale, in cui un'unità deve accedere ad un'altra per ottenere magari un solo record, è chiaro che l'intervallo di «pochi secondi» è molto oneroso in rapporto ai decimi di secondo che può richiedere l'intero trasferimento dei dati desiderati. In caso di una certa frequenza di chiamate e di necessità di risposte «on-line», l'utilizzo di linee commutate può quindi essere considerato poco desiderabile.

Da ultimo, occorre ricordare l'importanza delle considerazioni economiche. La trasmissione dati su linee commutate implica un meccanismo di tariffazione evidentemente coincidente con quello delle chiamate telefoniche. Pertanto l'utente paga in proporzione al tempo di utilizzo della linea. In base ai volumi di dati da trasmettere, al di là delle altre considerazioni, può quindi risultare molto conveniente scegliere una linea commutata se si hanno esigenze piuttosto limitate, orientandosi ad un'altra soluzione in caso di elevati flussi di dati orientati su specifiche direttrici. In quest'ultimo caso, in temporanea alternativa a reti a commutazione di circuito e di pacchetto, può rivelarsi spesso utile ricorrere a linee dedicate.

COLLEGAMENTO SU LINEE DEDICATE

Alcuni inconvenienti delle linee commutate possono essere parzialmente risolti ricorrendo a linee telefoniche dedicate. In questo tipo di linee (in Italia, fornite dalla SIP) non si ha più bisogno di effettuare l'operazione di commutazione in quanto esiste un collegamento diretto e costante tra l'apparecchiatura chiamante e quella ricevente. Questo primo elemento permette di ridurre il rumore impulsivo che disturba le trasmissioni in quanto, non essendo necessaria alcuna commutazione, non esistono elementi elettromeccanici in movimento.

Essendo la linea che congiunge le due apparecchiature poste alle sue estremità sempre la stessa (nel caso della commutazione il traffico viene invece smistato su una qualsiasi linea libera), è inoltre possibile «tarare» opportunamente un equalizzatore in grado di compensare l'eventuale non linearità di fase di quella determinata linea.

Congiuntamente, questi due elementi portano ad un netto miglioramenteo della qualità della linea dedicata rispetto a quella commutata, miglioramento che permette di adottare sistemi di codifica più sofisticati. In tal modo, su linee telefoniche dedicate, è possibile raggiungere una velocità di trasmissione superiore ai 9600 bit/s. Oltre al vantaggio della migliore qualità e quindi della maggior velocità, le linee dedicate offrono anche il vantaggio di un tempo di collegamento pressochè immediato. Non essendo necessario comporre ogni volta il numero corrispondente all'apparecchio con il quale si desidera comunicare (in quanto il collegamento è sempre attivo), è possibile gestire in maniera più efficiente attività transazionali (figura 3.9).

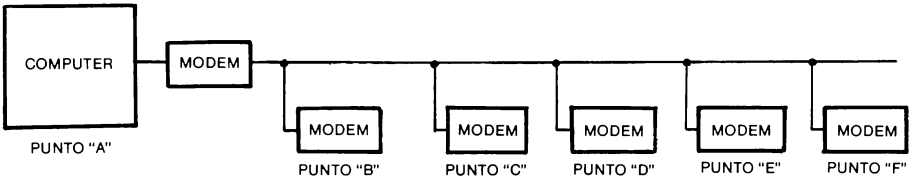


Figura 3.9 — Semplice configurazione di collegamento multipunto su linea dedicata.

A sfavore delle linee dedicate gioca però il fattore della «rigidita» del collegamento, legato alla natura stessa della linea, costantemente aperta tra due estremità predefinite. Tramite un modem collegato ad una linea dedicata non è dunque possibile accedere ad altre unità che non siano quella posta all'altro capo della stessa linea dedicata o in derivazione alla stessa.

Questa limitazione è però relativa solo alle configurazioni del tipo «punto a punto», termine con il quale si intende il collegamento con una linea dedicata «rigida» tra due apparecchiature. Una soluzione che, in parte, risolve il problema citato è quella delle linee dedicate «multipunto». In questo caso una stessa linea connette tra loro più apparecchiature. Generalmente una linea multipunto è basata su un elaboratore centrale dotato di proprio modem, dal quale parte una linea che collega più sistemi periferici o terminali remoti, ciascuno dei quali è anch'esso allacciato attraverso un proprio modem.

Chiaramente, anche in un simile caso, la linea potrà essere utilizzata, di volta in volta, da una sola coppia di apparecchiature, ragione per cui occorre un protocollo che regoli l'accesso delle varie stazioni alla linea.

Generalmente, in caso di una struttura gerarchica come quella ipotizzata, la gestione dei flussi spetta al sistema centrale, il quale può, con una certa frequenza, in-

terrogare ciclicamente tutte le apparecchiature collegate alla linea (tecnica definita di «polling»), attivando via via una trasmissione dati con i singoli elementi della rete. Questa soluzione riduce naturalmente il throughput complessivo a disposizione di ogni apparecchiatura periferica, ma, in molti casi (soprattutto quando le stazioni remote sono terminali muniti di memoria) può risultare attraente.

Nonostante l'estensione multipunto, è comunque chiaro che l'approccio alla trasmissione dati con linee dedicate è limitativo in termini di flessibilità. In questo senso non può infatti certamente essere comparata con la libertà di collegamento tipica delle linee commutate.

Oltre a ciò è evidente che, nel caso di utilizzo di una linea dedicata, un qualsiasi guasto sulla linea pregiudica totalmente le possibilità di trasmissione con l'altro estremo. Questo inconveniente non si presenta invece nel caso delle linee commutate. Se una linea si guasta è sempre possibile ripetere la chiamata, che verrà indirizzata dalla centrale di commutazione su una nuova linea buona.

Da ultimo occorre osservare che le linee dedicate, il cui costo è piuttosto alto e non dipende dal tempo di utilizzo, sono convenienti solo se i volumi di traffico dell'applicazione in esame giustificano il loro costo.

CAPITOLO 4

NORMATIVE INTERNAZIONALI PER LA TRASMISSIONE DATI

IL MODEM COME BLACK-BOX E GLI STANDARD INTERNAZIONALI

Il collegamento tra elaboratori o terminali viene realizzato rispettando quanto stabilito da appositi standard riconosciuti internazionalmente a cui i costruttori si adeguano nel progettare le interfacce verso l'esterno delle loro apparecchiature.

Gli standard che regolano le caratteristiche di queste interfacce costituiscono il livello 1 (o fisico) dei protocolli che permettono lo scambio effettivo e la interpretazione delle informazioni (standard OSI-ISO).

I diversi aspetti inerenti alle strutture di un'interfaccia riguardano le caratteristiche elettriche, funzionali e meccaniche. Tutti questi aspetti sono stati oggetto, e lo sono tuttora, di studi e di attività di standardizzazione internazionale in un lavoro correlato tra associazioni di produttori e di consumatori.

Parlando di standard l'utente si scontra con due tipi di riferimenti: lo standard EIA e lo standard CCITT, che rappresentano rispettivamente il punto di vista dei costruttori e quello degli utilizzatori.

Esiste comunque e non potrebbe essere altrimenti, pena una totale incomunicabilità, una corrispondenza oggettiva tra quanto viene chiamato nei due settori in modo differente.

Il caso più conosciuto è senza alcun dubbio la raccomandazione V24 CCITT meglio nota come EIA RS232C, un secondo è rappresentato dalla V36 conosciuta anche come EIA RS449. Altri esempi riguardano la serie X del CCITT (trasmissione dati su reti a pacchetto) dove la X27 e la X26 corrispondono rispettivamente alla RS422 e RS423. Stabilito l'abbinamento tra quanto individuato dalla sigla EIA e CCITT, l'utente si trova ad affrontare, nei confronti dei produttori, un ulteriore problema che deriva dalla facilità con cui il canale di ingresso/uscita di un terminale o di un elaboratore viene definito di tipo RS232 o V24 compatibile. Nella maggior parte dei casi ciò deve essere interpretato come una non violazione dello standard a cui ci si riferisce; questo però non implica la corrispondenza al cento per cento con quan-

to previsto dallo standard stesso. Se ciò è comprensibile per terminali particolari (come una stampante dove ovviamente è necessario il solo circuito di ricezione e non di trasmissione, a meno di una particolare capacità di interazione a livello di protocollo), la situazione si ingarbuglia nel caso di terminali che, ad esempio, non prevedono il circuito per la rivelazione della portante o i circuiti di temporizzazione da/verso modem.

Si è quindi generalmente in presenza di un sottoinsieme di quanto stabilito dalla normativa che, in quanto tale, rispetta, ma sempre di sottoinsieme si tratta, riducendo di conseguenza la libertà di gestione delle procedure di linea e trasmissive.

In seguito sono descritte le normative relative alle interfacce di maggior diffusione e quali sono i casi che più comunemente si presentano nell'interconnettere, mediante modem, terminali reciprocamente compatibili.

RACCOMANDAZIONI CCITT

Nell'analizzare le caratteristiche che regolano la costruzione di un'interfaccia, è quasi obbligatorio affrontare inizialmente quanto è stabilito in proposito dal CCITT (Comitato Consultativo Internazionale per la Telegrafia e Telefonia).

In un paragrafo successivo verrà invece affrontata la corrispondenza con lo standard EIA. La regolamentazione inerente alle caratteristiche fisiche, elettriche e funzionali è stabilita da una serie di raccomandazioni (non obbligatorie di legge anche se di fatto lo sono diventate) che per quanto riguarda la trasmissione dati su linee telefoniche sono raggruppate sotto il nome di serie V.

Ogni raccomandazione della serie è relativa ad uno degli aspetti particolari dell'interfaccia, e ciò porta ad avere una situazione in cui una specifica di tipo EIA corrisponde e dettaglia aspetti che nella serie V del CCITT coinvolgono, come vedremo in seguito, più raccomandazioni.

Le raccomandazioni CCITT possono essere idealmente suddivise in un gruppo formato dalla serie di raccomandazioni V1-V6, che sono di carattere generale, e in un certo numero di gruppi di raccomandazioni ognuno inerente ad un ben determinato settore di applicazione.

In particolare, per quanto riguarda le interfacce ed i modem relativi alla banda fonica, si fa riferimento alle raccomandazioni V numero 10, 11, 15, 16, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29.

Di queste, quelle che interessano più direttamente i terminali ed i modem comunemente utilizzati per collegamenti mediante linea telefonica commutata od affittata sono le:

- V 21, 23, 26, 27 per ciò che riguarda gli standard dei modem;
- V 24, 25 per le caratteristiche e le funzioni delle linee di interfaccia tra DTE (terminale) e DCE (modem).

Va accennato che anche l'ISO (Organizzazione internazionale per gli standard) ha emesso documenti inerenti alla trasmissione dati e precisamente tra questi:

- ISO 646 set dei caratteri con codice di 7 bit;
- ISO 1177 struttura dei caratteri per trasmissione sincrona ed in start stop;
- ISO 1745 procedure di controllo fondamentali per collegamenti dati.

In seguito sono elencate le caratteristiche principali delle raccomandazioni della serie V e, con un dettaglio proporzionale alla sua diffusione, quanto stabilito dalla V24 (alias RS232) e dalla V25 (relativa ai circuiti necessari per poter effettuare la chiamata automatica).

RACCOMANDAZIONE V1

La raccomandazione V1 stabilisce che la trasmissione di numeri binari avvenga assegnando ai valori logici 0 ed 1 le seguenti denominazioni:

- 0 = space, start, A (in telegrafia);
- 1 = mark, stop, Z (in telegrafia).

Le due condizioni risultano da due situazioni diverse di modulazione e sono distinte da una denominazione appartenente ad uno dei due gruppi.

La condizione del canale telefonico corrispondente al valore logico 0 ed 1 dipende dal tipo di modulazione utilizzato, ed è illustrata in Tab. 4.1.

Tipo di modulazione	Valore	Condizione della linea
Frequenza	1	Frequenza inferiore
	0	Frequenza superiore
Fase	1	Fase di riferimento
	0	Fase opposta al riferimento
Ampiezza	1	Portante presente
	0	Portante assente

Tabella 4.1 — Condizioni del canale telefonico in funzione del tipo di modulazione.

RACCOMANDAZIONE V2

La raccomandazione V2 specifica i livelli di potenza dei segnali relativi alla trasmissione dati su linee telefoniche.

Le caratteristiche di potenza che il modem utilizzato dall'utente, relativamente ad applicazioni su linee commutate ed affittate, deve rispettare sono:

- Linee affittate: la potenza massima di uscita non deve superare 1 mW.

- Se il sistema non trasmette toni continui un livello alto sino a -6 dB.
- Per sistemi che trasmettono toni continui (ad esempio modulazione di frequenza) un livello massimo di potenza pari a -10 dB.
- Se la trasmissione dati è discontinua il livello di potenza è preferibile sia ridotto a -20 dB (o meno).

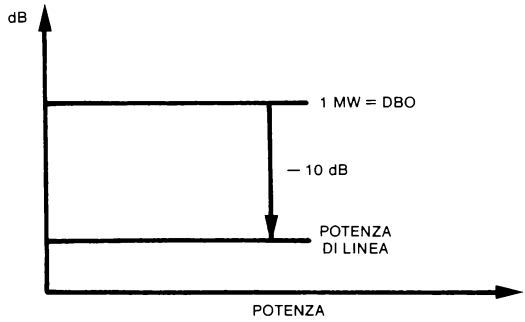
- Linee commutate: la massima potenza di uscita non deve superare 1 mW.
  - Per sistemi con toni continui (PM, FM) un livello di potenza non superiore a -10 dB se simplex o a -13 dB se duplex.
  - Per sistemi con toni non continui un livello medio sino a -15 dB in ogni direzione di una trasmissione simultanea.

Livello potenziale di riferimento

La potenza in dB (decibel) è data con riferimento a 1 mW considerato come valore relativo pari a 0.

Il problema di adottare bassi livelli di potenza deriva dalla necessità di influenzare il meno possibile i canali adiacenti.

Con DBM 0 si intende un valore misurato in potenza; con DBV si intende un valore misurato in tensione.



RACCOMANDAZIONE V3: ALFABETO UTILIZZATO

La raccomandazione V3 definisce la struttura e le caratteristiche dell'alfabeto internazionale numero 5 (IA5) a 7 bit (set di 128 caratteri da utilizzare per la trasmissione dati. Ciò non preclude però la possibilità da parte dell'utente di utilizzare alfabeti diversi.

Contrariamente ad altri alfabeti contiene anche caratteri di controllo e caratteri grafici come, ad esempio, cifre, lettere e simboli.

Per quanto riguarda alcuni caratteri di controllo viene fatta l'assunzione che la stringa sequenziale di bit associata al carattere venga elaborata, dal punto di vista interpretativo, a partire dal bit meno significativo.

RACCOMANDAZIONE V4: STRUTTURA DEI CARATTERI

La raccomandazione V4 dettaglia la struttura dei caratteri trasmessi e dichiara che:

- i bit vengono trasmessi in modo sequenziale a partire dal meno significativo;
- il livello logico 1 corrisponde alla condizione di mark;
- è possibile aggiungere un bit di parità da inviare dopo il bit più significativo;
- in sistemi start/stop l'unità di informazione deve essere preceduta da un bit di start (space) e seguita da almeno un bit di stop (mark);
- il bit di parità in sistemi start/stop corrisponde alla parità pari;
- il bit di parità in sistemi sincroni corrisponde alla parità dispari.

RACCOMANDAZIONE V5: VELOCITÀ DI TRASMISSIONE

La raccomandazione V5 definisce le velocità di trasmissione possibili con una trasmissione di tipo sincrono su una rete telefonica commutata. Tali velocità sono: 600, 1200, 2400, 4800 bit/s e risultano alte considerando che la deviazione dal valore nominale non deve superare lo 0,01%.

RACCOMANDAZIONE V6: VELOCITÀ DI TRASMISSIONE SU LINEA AFFITTATA

La raccomandazione V6 definisce le velocità di trasmissione possibili con una trasmissione di tipo sincrono su una linea affittata (Tab. 4.2).

Stabilisce inoltre che si possono avere due classi di velocità selezionabili o internamente al modem oppure mediante un segnale inviato dal DTE tramite un apposito circuito dell'interfaccia.

Le raccomandazioni successive, ad iniziare dalla V21, sono relative alle caratteristiche dei modem operanti in banda fonica (in Tab. 4.3 sono riassunte le caratteristiche).

In seguito viene fatto cenno a quanto stabilito dalle V21, V23 e V26 per i modem a 300, 1200 e 2400 bit/s, velocità che coprono la quasi totalità delle applicazioni.

Per raccomandazioni come la V35 (48 kbit/s) e V36 (64 kbit/s): data la loro specificità, si rimanda alla letteratura CCITT.

CLASSE PRINCIPALE	CLASSE ALTERNATIVA
600	1.800
1.200	3.000
2.400	4.200
3.600	5.400
4.800	6.000
7.200	6.600
9.600	7.800
	8.400
	9.000
	10.200
	10.800

Tabella 4.2 — Classi di velocità.

Normativa	Velocità (baud)	Equalizzazione	Funzionamento	Tipo linea	N° Fili
V21	300	No	Duplex	Commutata + affittata	2
V22	1200	No	Duplex	Commutata + affittata	2
V23	600/1200	No	Duplex	Commutata	2
V26	2400	No	Duplex	Commutata	4
V27	4800	Manuale	Duplex	Affittata	4
V29	9600	Automatica	Duplex	Affittata	4

Tabella 4.3 — Normative e caratteristiche dei modem di maggior diffusione.

RACCOMANDAZIONE V21: MODEM A 300 BIT/S

Questa raccomandazione stabilisce le caratteristiche dei modem operanti in banda fonica con velocità sino a 300 bit/s.

Il circuito considerato per la trasmissione è di tipo full duplex (denominato dalla letteratura anche come «pieno duplice») e la modulazione è di tipo binario ottenuta per variazione di frequenza.

Il canale 1 ha una frequenza nominale di 1080 Hz mentre per il canale 2 è di 1750 Hz.

In entrambi i canali la deviazione di frequenza è di $\pm$ 100 Hz.

La modalità di trasmissione può essere di tipo sincrono o asincrono, mentre la potenza massima di uscita, lato rete, non deve superare 1 mW. In trasmissioni di tipo full duplex, inoltre, è il canale 1 che viene utilizzato per trasmettere da chiamante a chiamato.

La struttura dell'interfaccia DCE-DTE per collegamenti su rete commutata o affittata è composta dai circuiti descritti in Tab. 4.4 e, come vedremo in seguito, costituisce un sottoinsieme della V24 di cui non condivide tutte le segnalazioni di controllo e le temporizzazioni.

102	— Massa o ritorno comune
103	— Dati trasmessi (da DTE)
104	— Dati ricevuti (da DCE)
105	— Richiesta di trasmettere (da DTE)
106	— Pronto a trasmettere (da DCE)
107	— Modem pronto (da DCE)
108/1	— Comando di connessione alla rete (da DTE)
108/2	— Terminale pronto (da DTE)
109	— Ricezione di portante dati (da DCE)
125	— Indicatore di chiamata entrante (da DCE)
126	— Selezione della frequenza di trasmissione (da DTE)

Tabella 4.4 — Circuiti che compongono la raccomandazione V21.

RACCOMANDAZIONI V23: MODEM 600-1200 BIT/S

La raccomandazione V23 definisce le caratteristiche per modem funzionanti con classi di velocità tra 600 e 1200 bit/s utilizzati per collegamenti su linee commutate.

Le caratteristiche principali sono:

- velocità 600-1200 bit/s;
- modulazione di frequenza sia sincrona che asincrona;
- canale di controllo con velocità sino a 75 bit/s.

Le frequenze di modulazione del canale sono:

	FZ(1)	**FO**	**FA(O)**
sino a 600	**1300**	**1500**	**1700**
sino a 1200	**1300**	**1700**	**2100**

Per il canale di controllo si hanno invece le seguenti frequenze di lavoro:

FZ = 390 Hz; FA = 450 Hz.

È da notare che in mancanza di segnale sul canale di controllo deve essere inviata la condizione Z.

La configurazione dei circuiti di interfaccia con il DTE è quella relativa alla connessione su linea affittata o commutata, come indicato dalle tabelle CCITT, ed è anch'essa un sottoinsieme della V24.

RACCOMANDAZIONE V26: MODEM A 2400 BIT/S

Questa raccomandazione stabilisce le caratteristiche a cui si devono attenere i modem funzionanti con velocità di 2400 bit/s ed operanti su linee telefoniche affittate a quattro fili.

Le caratteristiche principali sono le seguenti:

- funzionamento in full-duplex;
- modulazione di fase con funzionamento sincrono;
- canale di ritorno (supervisione) con velocità sino a 75 bit/s;
- frequenza della portante di 1800 $\pm$ 1 Hz,
- livello di potenza del segnale conforme alla raccomandazione V2.

Nel caso di trasmissione simultanea sul canale di andata e di ritorno, il livello di potenza su quello di ritorno deve essere di 6 dB più basso che su quello di andata. I dati ricevuti vengono ricostruiti a partire dalla fase del segnale ricevuto.

RACCOMANDAZIONE V24

Come già accennato, la raccomandazione V24 definisce i circuiti di scambio tra DTE e DCE per le seguenti applicazioni:

- collegamento di tipo sincrono o asincrono;
- collegamento su linea affittata a 2-4 fili sia punto a punto che multipunto;
- collegamento su linea commutata a 2 o 4 fili.

Data la sua importanza è necessario esaminarne in dettaglio gli aspetti funzionali, in quanto è tramite essi che il terminale o l'elaboratore ha la possibilità di controllare e gestire la sessione di trasmissione con l'unità remota, sequenzializzando correttamente le fasi di trasmissione e ricezione e rivelando immediatamente eventuali malfunzionamenti.

In Tab. 4.5 sono elencati i circuiti di interfaccia previsti dalla V24 e la funzione correlata.

Generalmente non tutti questi circuiti sono utilizzati contemporaneamente (non basterebbe infatti il normale connettore a 25 pin), ma bensì un loro sottoinsieme formato generalmente da circa 10 $\div$ 15 circuiti. È questo il motivo suindicato che porta al verificarsi di incongruenze quando si cerca di interfacciare terminali che operano con due sottoinsiemi diversi della V24.

Per il canale di controllo si ha un set di circuiti dati e di controllo equivalenti a

quelli visti per il canale principale ed un gruppo di circuiti specifici della funzione spletata. Per entrambi, data la loro particolarità, si rimanda a quanto descritto c CCITT e nella documentazione specifica del costruttore.

C102	— RITORNO COMUNE Costituisce il circuito di ritorno comune di massa in accordo con quanto enunciato dalla raccomandazione V28 (vedere CCITT).
C103	— DATI TRASMESSI È il circuito mediante il quale i dati da trasmettere sono trasferiti dal terminale (DTE) al modem (DCE).
C104	— DATI RICEVUTI È il circuito su cui sono trasferiti al DTE i dati ricevuti dal DCE.
C105	— RICHIESTA DI INVIO (RTS) È il circuito che controlla la funzione di trasmissione del DCE. L'on su C105 attiva il canale (invio portante), mentre l'off lo disattiva.
C106	— PRONTO AD INVIARE (CTS) Segnala al DTE che il DCE è pronto ad inviare dati.
C107	— DCE PRONTO (DSR) Segnala al DTE che il DCE è stato attivato ed è pronto per lo scambio di eventuali segnali di controllo.
C108/1	— CONNESSIONE ALLA LINEA (DA DTE) Quando ad on fa sì che il DCE si connetta alla linea impegnandola.
C108/2	— DTE PRONTO (DTR) Segnala che il DTE è attivato e prepara il DCE ad effettuare operazioni di connessione. La condizione di off, terminata la trasmissione in corso, segnala al DCE la disattivazione del DTE.
C109	— RIVELATORE DI PORTANTE (DCD) Indica al DTE che il DCE sta ricevendo la portante dal modem remoto e che il segnale è compreso entro i limiti previsti.
C110	— RIVELATORE DI PROBABILE ERRORE Quando ad off indica al DTE che si ha una ragionevole probabilità che il dato ricevuto sia errato.
C111	— SELEZIONE DI VELOCITÀ (DA DTE) Seleziona (nel DCE) una delle due velocità o uno dei due gruppi di velocità. La condizione di on seleziona la velocità più elevata.
C112	— SELEZIONE DI VELOCITÀ (DA DCE) È utilizzato per selezionare una delle due velocità o uno dei due gruppi di velocità presenti nel DTE in modo che essa coincida con la selezione presente nel DCE stesso.
C113	— TEMPORIZZAZIONE DI TRASMISSIONE (DA DTE) Fornisce al DCE la temporizzazione (clock) relativa alla velocità di trasmissione. La transizione da on ad off indica il centro delle unità (bit) di informazione presenti sul C103 (dati ricevuti).
C114	— TEMPORIZZAZIONE DI TRASMISSIONE (DA DCE) Fornisce al DTE il clock di trasmissione. Il DTE fornisce al DCE i dati in modo che la transizione tra un'informazione e la successiva avvenga in coincidenza con la transizione da off ad on del C114.
C115	— TEMPORIZZAZIONE DI RICEZIONE (DA DCE) Fornisce al DTE il clock di ricezione. La transizione on-off indica il centro dell'unità di informazione (bit).

Tabella 4.5 — Circuiti di scambio Serie 100 relativi al canale principale.

FUNZIONE DI CLAMPING

Per concludere l'esame della V24 rimangono alcune considerazioni sul circuito di clamping.

Il circuito di clamping, se presente, ha la funzione di assicurare che in certe condizioni il valore logico di alcuni circuiti corrisponda ad uno stato di riposo prestabilito e precisamente:

- quando il C109 è ad off (portante assente) il C104 (dati ricevuti) è mantenuto nello stato di on allo scopo di evitare che disturbi simulino la ricezione di caratteri;
- il C109 è tenuto ad 1 quando il C122 è off.

I DCE funzionanti in half duplex hanno inoltre:

- C104 ad on e C109 ad off quando C105 è on;
- C119 ad on e C122 ad off quando C120 è on.

Il clamping permette quindi di inibire segnali dovuti ad un eccesso di rumore, commutazioni spurie od interferenze che potrebbero verificarsi sui circuiti C104, C119, C109 e C122 causando, quindi, interpretazioni errate da parte del DTE dei dati ricevuti o dei segnali di servizio.

CORRELAZIONE DEI CIRCUITI DELLA SERIE 100

Un aspetto importante, relativo alla struttura stessa dell'interfaccia V24, è la correlazione funzionale ed operativa dei circuiti che la compongono. Ai fini pratici, la trasmissione dei dati mediante un modem è possibile solamente se sono rispettate le seguenti condizioni:

- La trasmissione dei dati forniti dal DTE sul C103 (dati trasmessi) avviene solamente se è presente la condizione on su C105, 106, 107, 108.
- La trasmissione dei dati forniti al DCE su C118 (canale di segnalazione) avviene se è presente la condizione parallela alla precedente di on su C120, 121, 107, 108.
- Nei tempi in cui C105 e 106 sono on e non vengono trasmessi dati, il DTE deve inviare la condizione di on oppure i caratteri specifici atti a mantenere la sincronizzazione con il terminale remoto.

Vediamo di chiarire, con l'ausilio di alcune figure, quali sono le implicazioni per il DTE locale e remoto che desidera trasmettere, e quali sono le azioni che il driver di linea deve compiere per trasmettere o ricevere.

La Fig. 4.1 illustra le sequenze che, una volta effettuate, permettono poi di attivare la fase dati, e descrive la sequenza dei livelli dei segnali da DTE a DCE e viceversa.

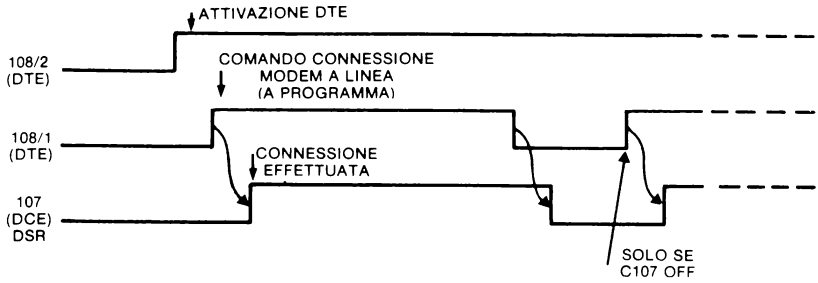


Figura 4.1 — Correlazione tra C108/1, C108/2 e C107.

Il C108/2 o C108/1 sono in alternativa, ed il fatto che il modem interpreti il C108 come indicazione di terminale attivato (C108/2) o di comando di connessione alla linea (C108/1) dipende generalmente da come viene inizializzato il modem stesso.

Nel caso il C108 sia visto come 108/2 (terminale dati pronto-DTR) dovrà essere attivato, e cioè nella condizione di on, all'accensione del terminale oppure, se si tratta di un elaboratore, dalla routine di inizializzazione del modulo di gestione della linea.

Nel caso assuma invece il significato di C108/1 (comando di connessione alla linea) sarà l'operatore mediante opportuni tasti della consolle di servizio o il programma applicativo che dovrà, prima di avviare la sessione, provvedere alla sua attivazione portando il circuito C108 nella condizione di on.

In entrambi i casi il modem si connette alla linea e la impegna (in un modo equivalente a ciò che avviene quando un utente solleva la cornetta del telefono) segnalando al terminale l'avvenuta connessione portando ad on il circuito C107 (Data Set Ready = DSR).

La condizione di on del C108/1 e del DSR deve persistere per l'intera durata della sessione di lavoro.

La figura 4.2 illustra invece la sequenza che permette di trasmettere i dati. Quando il DTE desidera trasmettere attiva il circuito C105 (richiesta di trasmettere = RTS).

Il DCE invia la portante in linea in modo che il terminale remoto possa predisporsi per la ricezione e, dopo un tempo prefissato, segnala al DTE che può iniziare l'effettivo invio dei dati attivando il circuito CTS (pronto a trasmettere).

Terminata la trasmissione del messaggio il DTE rimuove l'RTS ed il modem sospende l'invio della portante rendendosi disponibile per l'eventuale risposta proveniente dal terminale remoto.

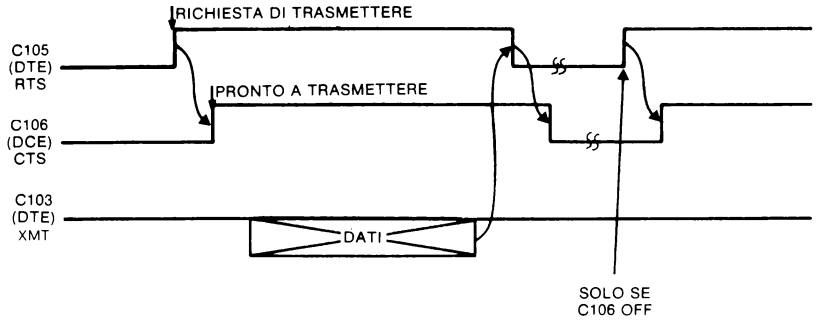


Figura 4.2 — Correlazione tra C103, C105 e C106.

La figura 4.3 dà una visione d'insieme delle figure 1 e 2 ed è inerente ad una sessione in cui, dopo la trasmissione del messaggio, si ha l'immediata sconnessione del modem dalla linea e quindi la fine della sessione stessa.

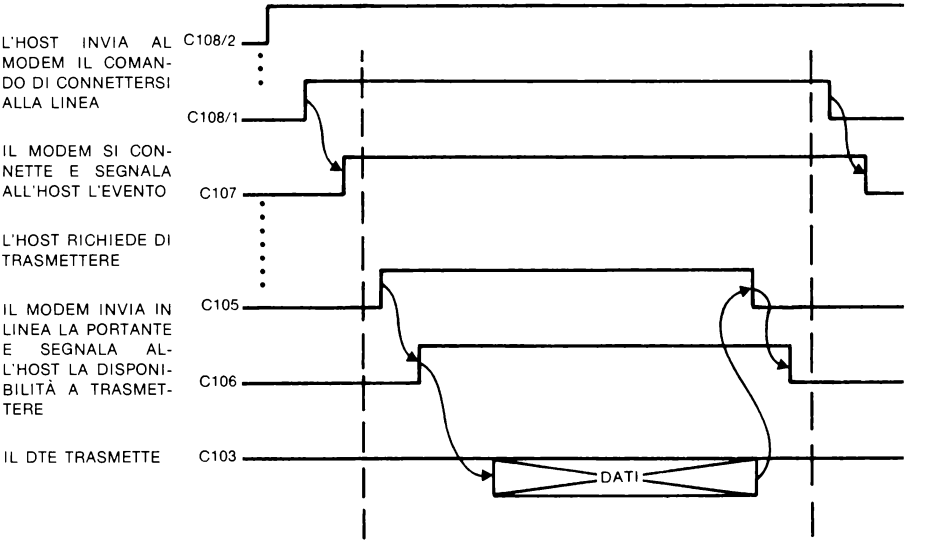


Figura 4.3 — Sequenza di connessione alla linea, trasmissione di un messaggio e successiva sconnessione.

Un modo alternativo e forse più chiaro per descrivere la medesima sessione è illustrato nella figura 4.4, più concisa ed autoesplicativa.

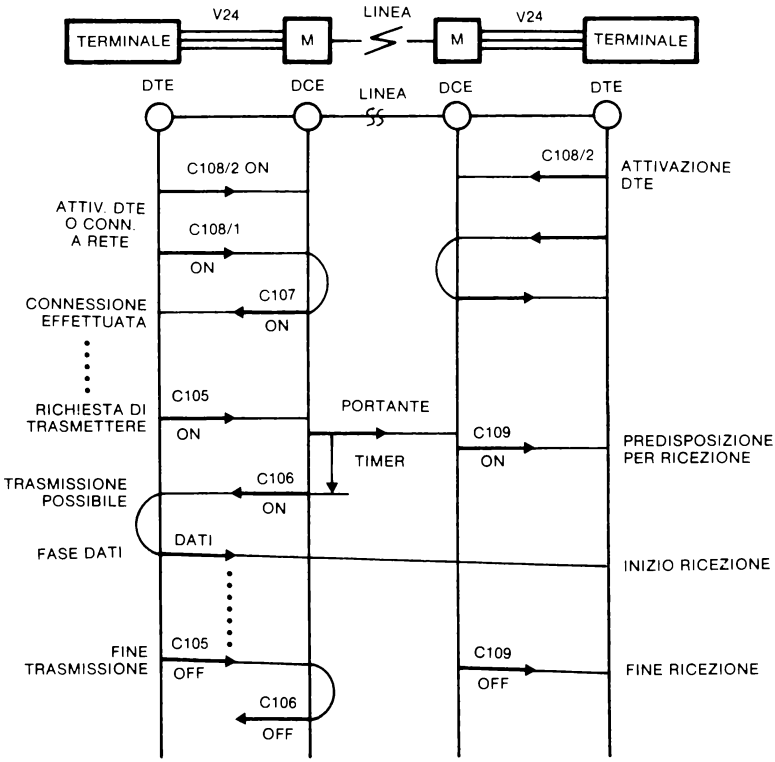


Figura 4.4 — Fasi di una sessione di trasmissione dati.

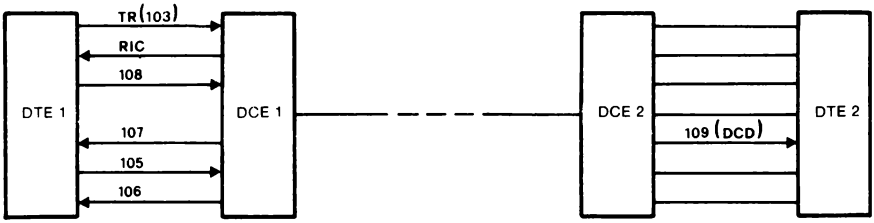
Un punto che, per le implicazioni che vedremo, richiede di essere affrontato è costituito dalle temporizzazioni esistenti tra il passaggio on/off di un segnale ed il conseguente passaggio on/off dei segnali ad esso correlati.

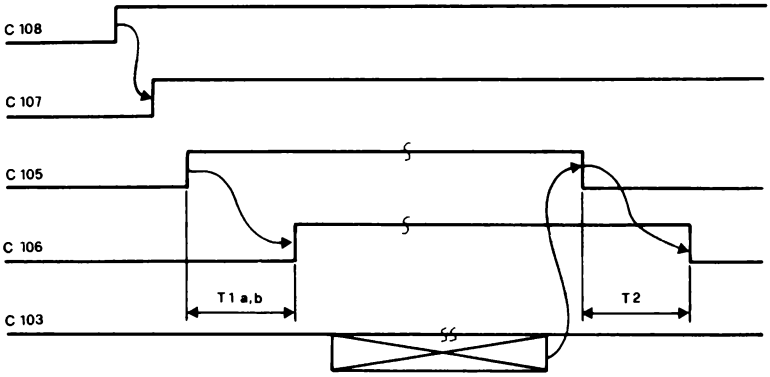
Le temporizzazioni esistenti e previste dalla V24 possono essere suddivise in due gruppi:

- temporizzazioni lato utente (T1 e T2 di figura 4.5);
- temporizzazioni lato rete e chiamato (T3 e T4 di figura 4.6).

La temporizzazione T1 è il tempo che intercorre tra la richiesta di trasmettere da parte del DTE ed il momento in cui il DCE abilita l'effettivo inizio della trasmissione. Il valore a cui il DCE deve essere predisposto è illustrato in figura 4.5 e varia in base alla presenza o meno della facility voce/dati.

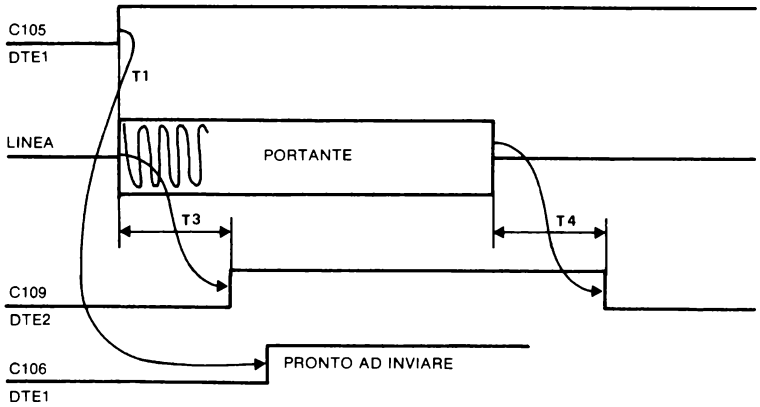
In entrambi i casi T2 ha invece il medesimo valore.





T2 ⩽ 2 ms
T1a = 20 ÷ 50 ms Linee affittate punto a punto o multipunto senza la facility voce/dati
T1b = 400 ÷ 1000 ms Linee commutate o affittate punto a punto con facility voce/dati

Figura 4.5 — Temporizzazioni inerenti al terminale chiamante.



T3a = ⩽ 20 ms (come T1a)
T3b = 300 ÷ 700 ms (come T1b)
T4 = 20 ÷ 80 ms

Figura 4.6 — Temporizzazioni inerenti alla rete ed al terminale chiamato.

Una situazione analoga si riscontra anche per le temporizzazioni T3 e T4 (figura 4.6) relative al circuito che segnala al DTE chiamato la ricezione della portante inviata dal terminale chiamante. La differenziazione è indicata a seconda che si sia in presenza di una linea affittata punto a punto senza facility voce/dati o commutata punto a punto con la facility voce/dati.

RACCOMANDAZIONE V25: DISPOSITIVO DI CHIAMATA AUTOMATICA

I circuiti relativi alla chiamata automatica sono descritti nella raccomandazione V25 e quando il modem è predisposto per tale funzione è necessario collegare il DCE al DTE con un secondo connettore riservato specificatamente a tale funzione.

I circuiti relativi alla V25 sono descritti nella Tabella 4.6, mentre la figura 4.7 mostra schematicamente il collegamento tra DTE e DCE unitamente a quanto stabilito per i toni di chiamata e di risposta.

C201 — RITORNO COMUNE

C202 — RICHIESTA DI CHIAMATA (DA DTE)
La condizione on su tale circuito fa sì che i circuiti relativi alla chiamata automatica si connettano alla linea ed originino una chiamata.

C203 — LINEA OCCUPATA (DA DCE)
La condizione on indica che la linea è in uso. Quando in off il canale è libero e può essere originata una chiamata.

C204 — STAZIONE REMOTA CONNESSA (DA DCE)
La condizione di on indica che la connessione con la stazione remota è operativa.

C205 — ABBANDONO DI CHIAMATA (DA DCE)
La condizione on indica che la chiamata è stata abbandonata.

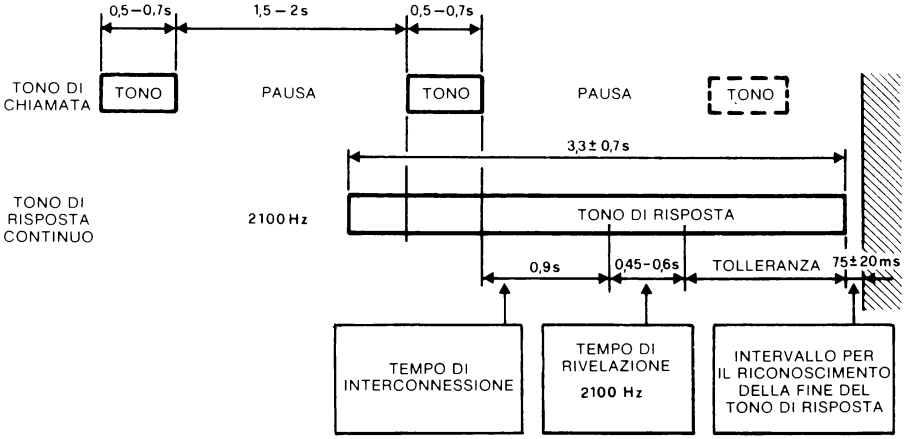
C206, C207, C208, C209 — CIFRE DI SELEZIONE (DA DTE)
Su questi circuiti il DTE presenta al DCE la codifica del numero che deve essere chiamato. Il numero (cifre da 0 a 9) è codificato in binario. Il carattere EON (End Of Number=fine selezione) segnala la fine delle cifre di selezione. Il carattere SEP è il separatore di cifra.

C210 — DISPONIBILE PER CIFRA SUCCESSIVA (DA DCE)
La condizione di on indica al DTE che il DCA è pronto ad accettare una cifra.

C211 — CIFRA PRESENTE (DA DTE)
Quando ad on fa sì che il DCA legga il codice fornito dal DTE.

C213 — DCA ATTIVO
Indica, quando ad on, che il dispositivo di chiamata automatica è attivo.

Tabella 4.6 — Circuiti di scambio della Serie 200 e loro funzione.



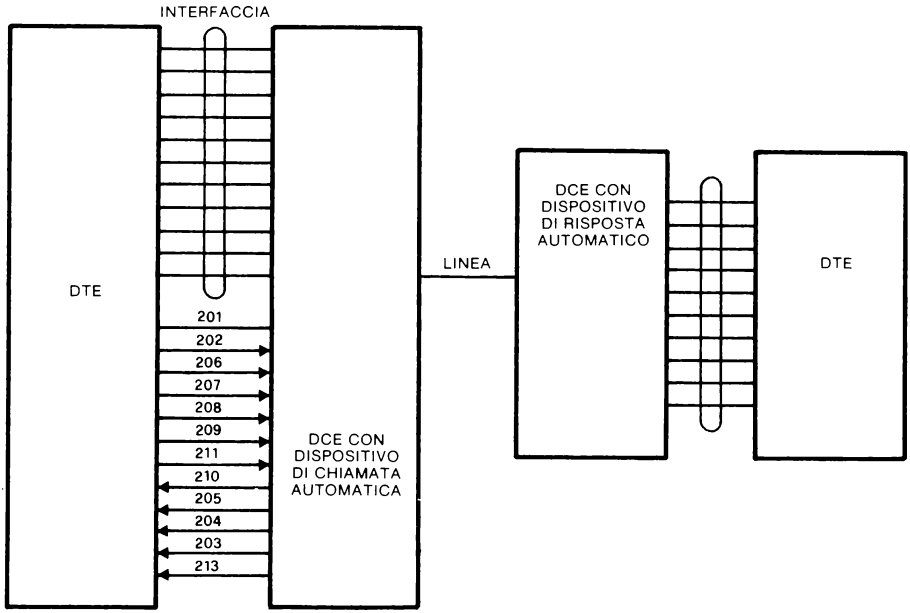


Figura 4.7 — Circuiti di collegamento per la chiamata automatica e correlazione dei toni.

La figura 4-8 illustra, come già visto per i circuiti della serie V24 (serie 100), la correlazione esistente tra i circuiti della serie 200.

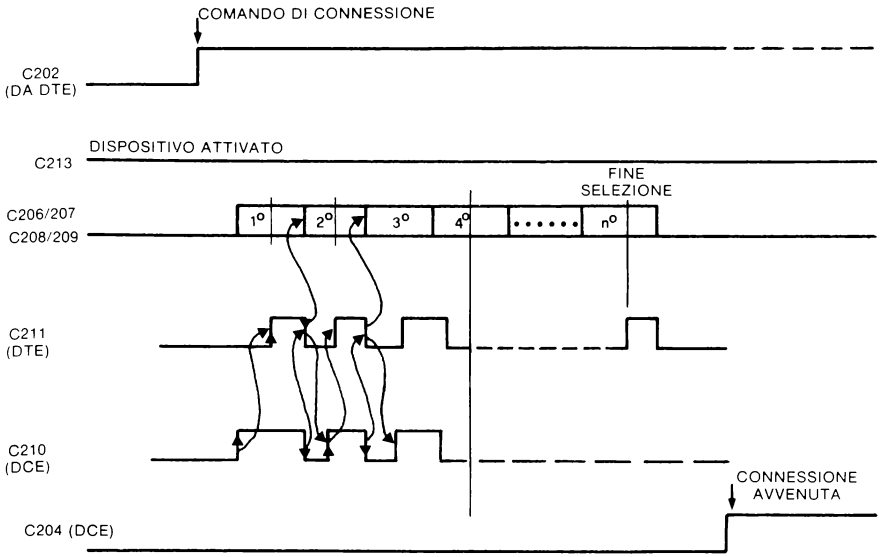


Figura 4.8 — Correlazione dei segnali della serie 200.

La prima operazione che il DTE deve compiere consiste nell'ordinare al dispositivo di chiamata automatica (DCA) di connettersi alla linea. Ciò avviene con l'attivazione del circuito C202 (comando di connessione).

Prima di questa operazione è possibile assicurarsi che il dispositivo DCA sia attivo (alimentato), accertandosi che il circuito C213 sia nella condizione di on.

Quando il DCA è pronto a ricevere le cifre di selezione pone ad on il circuito C210 (disponibile a ricevere una cifra).

Il DTE gli presenta, quindi, la cifra sui circuiti C206-209 e, ponendo ad on il C211, gli indica che la cifra è disponibile. Il DCA legge la cifra, la invia in linea e, quando diventa disponibile per la successiva pone ad off il C210. Il DTE toglie a sua volta il C211 ed il processo di handshake procede sino alla fine della selezione.

Terminato l'invio della selezione il DCE invia al modem remoto un tono di chiamata con le caratteristiche mostrate in figura 4.7.

Se il terminale chiamato è disponibile, risponde a sua volta con un tono particolare e la sessione trasmissiva può avere inizio.

Maggiori dettagli si possono trovare da una lettura della V25.

Quanto esposto è comunque più che sufficiente per comprendere quali siano le a-

zioni che un terminale (o un elaboratore) deve compiere per realizzare, mediante il DCA, una chiamata automatica.

EQUIVALENZA TRA CCITT, EIA ED ISO

Come accennato, esiste un'equivalenza tra quanto stabilito da EIA, CCITT ed ISO per quanto riguarda gli aspetti elettrici, meccanici e funzionali correlati ai dispositivi per la trasmissione dati. La Tab. 4.7 illustra questa equivalenza per i tre livelli descritti in relazione ai tipi di interfacce con maggior diffusione e precisamente la RS232, RS422, RS423 e RS449.

EIA	CCITT
Funzionale	
RS232C	V24
RS499	X21/X29
Elettrico	
RS232C	V28
RS422	V11 (X27)
RS423	V10 (X26)
Manutenzione	
RS499	V24, X101
EIA	**ISO**
Meccanico	
RS232C	2110
RS449	4902,4903

Tabella 4.7 — Standard per il livello 1 dei DTE.

È da notare come, mentre lo standard EIA indica (con un suo standard) quali siano le caratteristiche fisiche, elettriche e meccaniche, il CCITT utilizzi invece specifiche separate. Quindi, per avere l'equivalente della RS232 EIA occorre consultare la V28 e la V24 del CCITT ed il documento 2110 per l'ISO.

Infine, per concludere questa ultima parte sulle caratteristiche dei modem, in Tab. 4.8 è illustrata la nomenclatura equivalente dei pin del connettore tra EIA e CCITT assieme alla indicazione della provenienza (se da DTE o da DCE) dei segnali suddivisi nei tre gruppi di dati, controllo e temporizzazione.

	N° pin	EIA RS232C	CCITT V24	Funzione	Direzione	
					da DCE	da DTE
Dati	1	AA	101	Massa di protezione		
	7	AB	102	Ritorno comune		
	2	BA	103	Dati trasmessi		●
	3	BB	104	Dati ricevuti	●	
	14	SBA	118	Dati trasmessi secondari		●
	16	SBB	119	Dati ricevuti secondari	●	
Controllo	4	CA	105	Richiesta di trasmettere (RTS)		●
	5	CB	106	Pronto a trasmettere (CTS)	●	
	6	CC	107	Modem pronto (DSR)	●	
	20	CD	108/2	Terminale pronto (DTR)		●
	22	CE	125	Indicatore di chiamata	●	
	8	CF	109	Ricezione portante	●	
	21	CG	110	Qualità segnale	●	
	19	SCA	120	RTS secondario		●
	13	SCB	121	CTS secondario	●	
	12	SCF	122	Qualità segnale secondario	●	
	23	CI	112	Selezione velocità (DCE)	●	
	23	CH	111	Selezione velocità (DTE)		●
Temporizzazione	24	DA	113	Clock di trasmissione		●
	15	DB	114	Clock di trasmissione	●	
	17	DD	115	Clock di ricezione	●	

Tabella 4.8 — Equivalenza dei circuiti di interfaccia tra RS232 e V24.

CAPITOLO 5

TOPOLOGIE DI RETE E DISPOSITIVI UTILIZZABILI

TIPI DI MODEM

Già dall'analisi delle raccomandazioni del CCITT si deduce che esistono diversi tipi di modem adatti od adattabili a svariate esigenze applicative.

La Tab. 5.1 illustra quali sono le case che in Italia costruiscono o distribuiscono modem utilizzabili nelle diverse topologie di rete.

Vediamo quale può essere una classificazione alternativa che, più che alla velocità, faccia riferimento a considerazioni topologiche di rete e di suo throughput globale.

I casi più frequenti di utilizzo fanno riferimento alla interconnessione di terminali e di host (sia singolarmente che a rete) secondo le seguenti configurazioni:

- punto a punto locale (distanza inferiore ai 15 metri);
- multipunto locale;
- punto a punto remoto;
- multipunto remoto.

Ognuna delle configurazioni riportate presenta una soluzione ideale mediante interfacce ad hoc che però limitano, oltre ai costi di implementazione, anche la possibilità di successive espansioni.

Collegamento Punto a Punto (P.P.) locale (minore di 15 metri)

Una configurazione topologica in cui un terminale disti dall'host o da un secondo terminale meno di 15 metri è la più semplice che possa presentarsi e, come molti avranno avuto occasione di sperimentare, non richiede che tra i due apparati venga interposto un modem, in quanto i livelli in tensione dei segnali scambiati mediante i circuiti della V24 sono tali da garantire una buona immunità dal rumore.

Tipo di apparato (Velocità)	Costruttore	Modello
Fino a 300 bit/s	AET ARE ITALTEL	MD 300 F MD 3 MS 30
a 600/1200 bit/s	AET ARE FATME ITALTEL PHILIPS	MD 1200 F1 MD 6 - 12 ZATF 1200 - 2 UNI MD 60/120 S 1204
a 1200/2400 bit/s	AET ARE FATME ITALTEL PHILIPS	MD 2400 F2 MD 24 ZATF 2400/1200 LSI 1200/2400 S 2406
a 2400/4800 bit/s	CODEX CODEX GDC IBM MILGO MILGO PHILIPS	LSI 481/V 27 bis/ter LSI 481/V 27 bis/0 4802 ED 3864/1 MPS 4827/SP MPS 4827/MP S 4804
a 4800/9600 bit/s	CODEX CODEX MILGO	LSI 96/V 29 LSI 96/V 29/0 MPS 9629/MP
in banda base	AET ARE CIT-ALCATEL DATACONSYST C.G.S. ITALTEL PHILIPS	MD 20 BB MB 192/A ER BdB 72/20 BBSA 19.2 BB 19.2 S 1002

Tabella 5.1 — Elenco apparecchiature modem fornite dalla SIP per trasmissione dati su linee commutate ed affittate.

In tal caso però viene a cadere la corrispondenza biunivoca dei circuiti di collegamento, in quanto si dovrà provvedere ad invertire alcuni dei fili del cavo di interconnessione (tipicamente i dati trasmessi con i dati ricevuti ed il DTR con il DSR).

Il dispositivo utilizzato viene indicato con il nome di «modem eliminator passivo». Con tale termine ci si riferisce ad un singolo cavo (con lunghezza che per la V24 non deve superare i 15 metri) realizzato in modo da permettere il collegamento diretto tra due terminali senza l'interposizione di modem o di modem eliminator attivi, come quelli che verranno descritti in seguito per distanze superiori ai 15 metri.

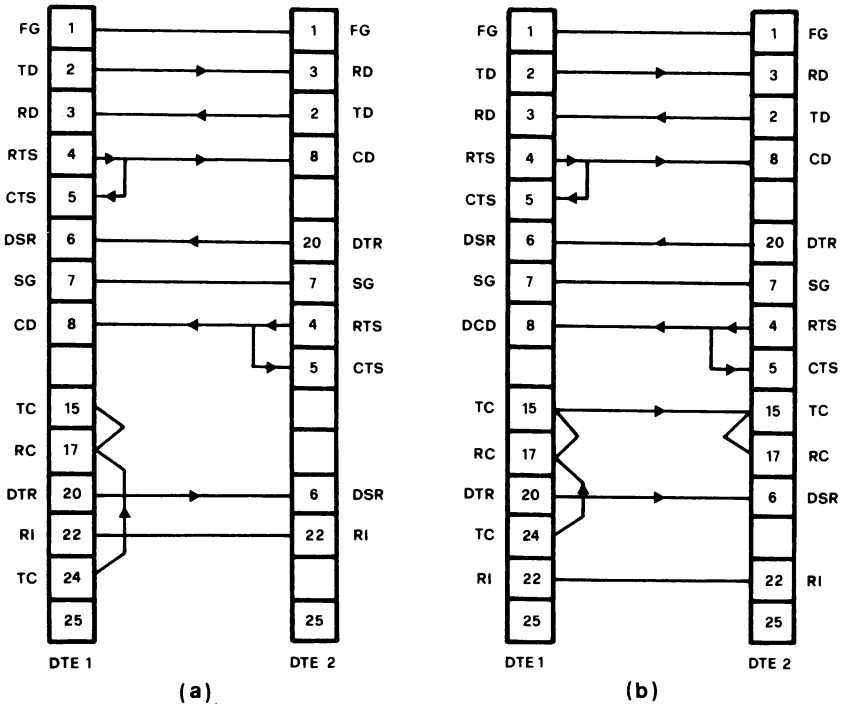
La struttura del cavo deve prendere in considerazione sia i circuiti richiesti dall'in-

terfaccia dei due terminali, sia il loro modo di funzionamento (sincrono o asincrono, clock interno od esterno ecc.).

La funzione fondamentale di un modem eliminator (ME) consiste nell'invertire il segnale di trasmissione con quello di ricezione. In una configurazione terminale-modem-modem-terminale, infatti, il segnale trasmesso viene trasferito dal terminale al modem mediante il circuito di trasmissione e dal secondo modem al terminale di destinazione per mezzo del circuito di ricezione. Collegando direttamente i due terminali, il circuito di trasmissione del primo terminale deve quindi essere connesso al circuito di ricezione del secondo, mentre il contrario si verifica per il circuito di ricezione.

La figura 5.1 illustra, a titolo di esempio, due tipi diversi di ME passivi.

Il primo si riferisce al collegamento tra un terminale sincrono ed uno asincrono ed il secondo al collegamento di due terminali sincroni.



(a) Modem eliminator per connessione diretta tra un terminale sincrono (DTE1) ed un terminale asincrono (DTE2)

(b) Modem eliminator per connessione diretta tra due terminali sincroni. Il clock viene fornito ad entrambi i DTE dal DTE1 (TC).

Figura 5.1 — Esempio di modem eliminator per distanze tra DTE1 e DTE2 inferiori ai 15 metri.

Oltre all'inversione dei dati trasmessi con i dati ricevuti, entrambi i cavi devono essere cablati in modo da simulare la corretta sequenza sui circuiti di RTS (richiesta di trasmettere) e CTS (abilitazione a trasmettere) di un terminale ed il CD (portante presente) dell'altro.

Il RTS ed il CTS devono essere connessi reciprocamente per far sì che, in seguito alla richiesta da parte di un terminale di trasmettere, lo stesso riceva immediatamente la relativa abilitazione. Il medesimo circuito deve poi essere collegato al circuito CD dell'altro terminale in modo che questo possa predisporsi per la ricezione.

Una configurazione siffatta deriva dal funzionamento della connessione DTE-DCE -DCE-DTE quando tra i due terminali sono interposti dei modem reali e non dei modem eliminator. In un modem, infatti, tra l'attivazione del RTS ed il corrispondente passaggio nello stato attivo del CTS proveniente dal modem esiste un ritardo che deve permettere alla portante di propagarsi sino al modem di destinazione. Quest'ultimo, rivelata la portante, segnala al terminale a cui è connesso che seguiranno dei dati attivando il circuito CD. Se al posto dei modem si utilizza un modem eliminator passivo non esistono i circuiti che inseriscono i tempi di ritardo e nemmeno quelli che presiedono alla rivelazione della portante e, d'altro canto, la loro presenza non è necessaria.

Il collegamento del RTS con il CTS dello stesso terminale e con il CD del terminale corrispondente non è altro che la stessa configurazione che si avrebbe con i modem, ma con tempi di risposta nulli.

Proseguendo nell'analisi della struttura dei ME si può osservare che il DTR del DTE 1 è collegato al DSR del DTE 2 e viceversa.

Questo deriva dal fatto che, mancando il modem, il circuito di DSR assume il significato di terminale remoto attivo.

Una differenziazione tra i due casi è dovuta alla diversità delle configurazioni per ciò che riguarda il funzionamento sincrono od asincrono.

Nel caso a di figura 5.1 solamente il DTE 1 è sincrono, ed inoltre i clock di trasmissione e di ricezione devono essere ricevuti dall'esterno (dal modem quando lo stesso è realmente presente).

Per rimediare alla mancanza del clock proveniente dal modem, viene utilizzata la temporizzazione fornita verso l'esterno dal terminale stesso mediante il circuito TC del pin 24.

Il clock fornito dal pin 24 viene connesso sia al clock di trasmissione (TC pin 15) che a quello di ricezione (RC pin 17).

Con il terminale asincrono questo collegamento non è necessario, in quanto la sincronizzazione viene ottenuta con il bit di start dei caratteri ricevuti.

Per il DTE 1 e 2 del caso b di figura 5.1 valgono le stesse considerazioni con l'aggiunta di una connessione tra i clock di trasmissione e di ricezione di entrambi i DTE prelevati dal pin 24 del DTE 1.

I due esempi illustrati non coprono ovviamente tutti i casi possibili, ma servono, comunque, per avere un'idea delle considerazioni che devono essere fatte quando,

non disponendone, si debba procedere personalmente alla realizzazione di un modem eliminator passivo.

Collegamento P.P. per distanze superiori a 15 metri

Per collegamenti P.P. qualora la distanza tra terminale ed host superi i 15 metri esiste una serie di alternative che vanno dal modem eliminator attivo al modem in banda base sino al più convenzionale modem in banda fonica, sia esso sincrono od asincrono.

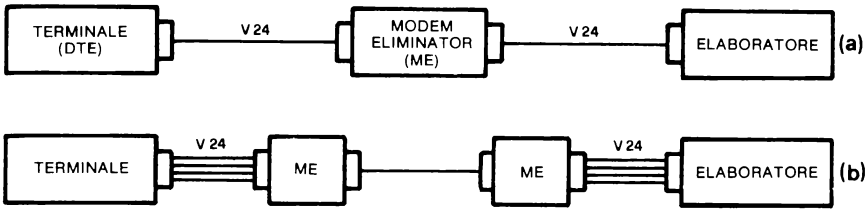
Ai fini pratici quello che differenzia una soluzione dall'altra è il costo più che la qualità operativa. Sostanzialmente identica nelle varie soluzioni è la presenza di limitazioni nell'utilizzare il dispositivo per applicazioni diverse dall'originale.

Vediamo ora in cosa consistono i dispositivi elencati, tranne i modem in banda fonica che verranno trattati in seguito.

Modem eliminator attivo

È una unità relativamente semplice ed a basso costo la cui funzione è quella di permettere l'interconnessione diretta tra terminale ed host eliminando la necessità di ricorrere ad un modem.

È indicato per collegare unità distanti qualche decina di metri dove, altrimenti, si renderebbe necessario installare due modem in configurazione back-to-back (figura 5.2).



(a) ME singolo.

(b) ME in configurazione back-to-back

Figura 5.2 — Utilizzazione di un modem eliminator (ME) per collegamenti diretti su breve distanza.

Unità di tale tipo sono realizzate in modo da invertire i circuiti di trasmissione e di ricezione dei dati al fine di presentarsi ai DTE come veri e propri modem, senza implicare, quindi, manipolazioni del cavo strandard di interfaccia DTE - DCE.

Oltre all'inversione dei circuiti dati, i modem eliminator forniscono generalmente anche il segnale di CTS e di CD (portante presente) subito o con un certo ritardo dopo l'attivazione da parte del terminale del RTS.

Nei tipi più sofisticati può essere presente anche il segnale per la indicazione di chiamata da terminale remoto (ring indicator) ed i clock di trasmissione e ricezione nel caso la trasmissione sia di tipo sincrono. A seconda della distanza, entro l'ordine di grandezza visto, la velocità di trasmissione può essere selezionata mediante ponticelli interni o selettore frontale e giungere sino a 19,2 kbit/s se conforme alla V24 o sino a 64 kbit/s se alla V36.

Modem in Banda Base (B.B.)

I modem in banda base sono così chiamati perchè la trasmissione dei segnali avviene mediante un loro semplice potenziamento, e non attraverso processi di modulazione/demodulazione.

Poichè in essi viene a mancare la circuiteria relativa a tali elaborazioni ed i filtri connessi, ne risulta una struttura più semplice e compatta e quindi un costo nettamente inferiore, a parità di prestazioni, di un modem convenzionale.

La modalità di trasmissione dei dati ne limita però l'utilizzazione a configurazioni punto a punto o multipunto in cui sia garantita la continuità della linea che li collega, senza interposizione di amplificatori e quindi, in definitiva, all'utilizzo su linee private ed in ambito locale.

Il modem in B.B., proprio perchè viene utilizzato in applicazioni topologiche ben definite dove la distanza tra terminali o terminale ed host è relativamente stabile, è generalmente equipaggiato con circuiti di equalizzazione (la cui funzione è di ottimizzare la risposta in frequenza a seconda della distanza e quindi in definitiva della qualità della trasmissione) predisponibili al momento della installazione mediante selettori interni.

Un'ulteriore conseguenza della tecnica costruttiva e trasmissiva è che la velocità a cui è possibile trasmettere decresce con l'aumentare della distanza da percorrere.

La tabella 5.2 dà un'idea della relazione esistente tra velocità di trasmissione e distanza copribile e deve essere intesa in modo puramente indicativo da cui alcuni tipi di modem in B.B. si discostano in percentuali talvolta elevate.

Velocità bit/s		Distanza km
300 - 1200	≤	35
2400	≤	30
3600	≤	27
4800	≤	25
7200	≤	22
9600	≤	15
19200	≤	10

Tabella 5.2 — Distanze copribili con modem in dB in funzione della velocità di trasmissione.

Collegamento multipunto locale

Per una rete multipunto si presenta una situazione molto simile a quanto già visto per i collegamenti punto a punto locale. In particolare, per collegamenti in ambito locale dove un host deve essere collegato a più terminali/host e la distanza è inferiore ai 15 metri, sono disponibili dei dispositivi chiamati «diramatori di interfaccia» di varia complessità e versatilità. I diramatori d'interfaccia (figura 5.3) sono sostanzialmente apparati di comunicazione la cui funzione è di concentrare e multiplare un certo numero di porte CCITT V24 verso/da un unico utilizzatore (con connessione diretta o modem interposto).

Le caratteristiche essenziali di un diramatore sono:

- diramazione attiva mediante rigenerazione di tutti i segnali d'interfaccia;
- accesso alla linea mediante il circuito C105 (richiesta di trasmettere);
- esclusione per time out di un terminale guasto che impegni la linea per più di un tempo prestabilito;
- clock per utenti che richiedano clock esterno.

Il criterio che regola l'accesso dei terminali verso l'interfaccia concentrata è costituita dal passaggio ad on del circuito RTS.

Nel caso non esistano altre richieste in corso, l'unità risponde con il passaggio ad on del CTS relativo al canale richiedente, abilitando di conseguenza il trasferimento dati attraverso l'interfaccia concentrata.

È proprio il circuito RTS che viene temporizzato e che, permanendo ad on per un tempo superiore al prefissato, causa l'intervento di un apposito circuito chiamato «antistream» che provvede ad isolare la porta, liberando il canale per gli altri terminali.

L'utilizzazione di un dispositivo come quello descritto è limitata ovviamente ad un ambito locale molto ristretto.

Per applicazioni in cui i terminali siano distribuiti in un raggio da alcune decine di metri ad alcuni chilometri si deve invece ricorrere nuovamente a modem in banda base o in banda fonica.

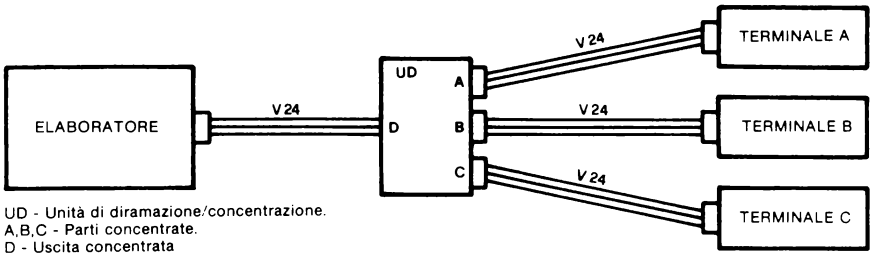


Figura 5.3 — Struttura di un collegamento di più terminali ad un elaboratore mediante un diramatore d'interfaccia. Un solo terminale alla voltà è abilitato alla trasmissione.

Punto a punto remoto

Nei collegamenti in cui la distanza supera alcune decine di chilometri è indispensabile ricorrere ai modem in banda fonica, sino ad ora i mezzi per trasmissione dati più comunemente utilizzati.

Anche in un collegamento punto a punto diversi sono i fattori che influenzano la scelta del modem da utilizzare.

Gli aspetti più importanti sono generalmente correlati al tipo di linea (affittata o commutata, a due o quattro fili, ecc.), alla velocità, al tasso di errore massimo accettabile, allo standard di aderenza e, non ultimo, al tipo di modulazione e di equalizzazione (automatica o manuale) utilizzato. Una suddivisione dei modem operanti in banda fonica fatta in funzione della velocità porta ad avere sostanzialmente 3 gruppi:

- bassa velocità $\leq$ 600 bit/s;
- media velocità 600-2400;
- alta velocità 2400-9600.

I modem a bassa velocità trovano di solito applicazione nell'acquisizione dati, in applicazioni di time sharing o in sistemi di data entry.

I modem a media velocità trovano generalmente applicazione su linee commutate per la trasmissione di file o su linea affittata per configurazioni multipunto.

I modem sincroni a velocità superiori (da 4800 in poi) vengono utilizzati su linee affittate, e un'attenzione particolare deve essere riposta nella funzione di equalizzazione.

Anche se utilizzabili in connessioni P.P., sono particolarmente indicati laddove si renda necessario multiplexare più canali o effettuare sessioni di enquiry veloci da terminale ad host (applicazioni di borsa, bancarie, prenotazioni aeree, ecc.).

Multipunto remoto

In alcune applicazioni i terminali di una località operanti con velocità diverse devono essere collegati con le porte di accesso di un host remoto.

Laddove le caratteristiche dell'applicazione e la velocità complessiva lo permetta, può essere utile, invece di utilizzare più coppie di modem e relative linee, ricorrere a modem multiporta (figura 5.4). I modem di tale tipo operano suddividendo un canale ad alta velocità in un certo numero di canali a velocità inferiore la cui somma non deve superare quella globale.

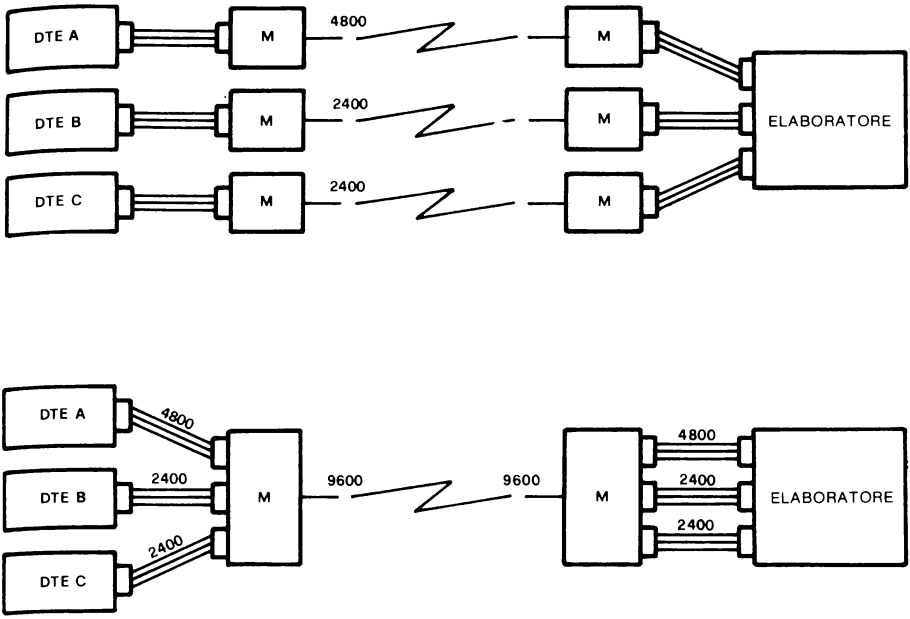


Figura 5.4 — Un modem multiporta ad alta velocità permette la sostituzione di più linee a bassa/media velocità operanti sulla medesima tratta.

Il canale di un modem multiporta operante a 9600bit/s potrà, quindi, essere suddiviso in due canali indipendenti a 4800, quattro a 2400 e così via, con la sola limitazione delle porte di input per cui è stato previsto.

CONVERTITORI DI INTERFACCIA

Sebbene la più diffusa e conosciuta interfaccia V24/RS232C non sia l'unico tipo esistente, è però indiscutibilmente la più universalmente conosciuta e presente in tutti i terminali che prevedano un canale di comunicazione.

Gli ultimi sviluppi tecnologici hanno portato però alla realizzazione ed introduzione sul mercato di terminali con interfacce diverse dalla V24. Soprattutto lo sviluppo di reti dati a commutazione di pacchetto utilizzanti linee ad alta velocità ha posto le basi per la costruzione di tali apparati. Sul mercato è così possibile reperire dispositivi che permettono di collegare un DTE V24 ad un DCE V35 o, per reti dati, ad uno di tipo X21. Convertitori di interfaccia sono disponibili anche tra V24 e RS449 come pure tra V24 e reti telegrafiche.

OPZIONI

Fermo restando che la funzione principale di un modem consiste nel modulare i dati da trasmettere e nel demodulare i dati ricevuti i modem offrono generalmente ulteriori servizi (chiamati features) che, lasciando invariate quelle che sono le caratteristiche di base (tipo di modem, velocità, modulazione, ecc...) ne facilitano però sia la manutenzione che l'utilizzazione.

Sviluppate col sorgere della corrispondente esigenza e rese appetibili da un costo aggiuntivo inversamente proporzionale al livello di integrazione raggiunto permettono, quando correttamente utilizzate, di diminuire i costi di gestione offrendo contemporaneamente la possibilità di semplificare la parte dei terminali che si deve interfacciare al modem. La tabella 5.3 elenca le principali di queste features. Stabilire una graduatoria di importanza è comunque cosa abbastanza ardua in quanto la necessità di una features è correlata fortemente all'applicazione. L'elenco seguente non va quindi visto in ordine di importanza.

Canale secondario
Circuiti di test
Facility voce/dati
Funzionamento unattended
Equalizzazione
Multiplazione
Selezione della velocità
Scrambling
Solo trasmissione
Solo ricezione

Tabella 5.3 — Features di un Modem

Canale secondario

È probabilmente tra le più diffuse tra quelle elencate dalla tabella e consiste nella presenza, parallelamente al canale primario utilizzato per la trasmissione di un canale secondario la cui funzione è di permettere lo scambio di informazioni tra DTE chiamante e chiamato ad una velocità di trasmissione nettamente inferiore di quella specifica del canale principale.

Il set di circuiti descritti dalla raccomandazione CCITT V 24 contiene anche quelli inerenti (ed indispensabili) al funzionamento del canale secondario che non richiede quindi l'installazione di un secondo connettore tra dte e dce.

Come per il primario è presente un circuito per la richiesta di trasmettere (SRTS-secondary request to send) ed uno per il permesso di trasmettere (SCTS-secondary clear to send) mentre l'abilitazione a trasmettere ed a ricevere è data, come per il canale primario, dai circuiti di terminale pronto (DTR) e di modem pronto (DSR).

La presenza o meno, nei modem che prevedono il canale secondario, dei circuiti secondari di trasmissione e ricezione dati dipende dall'utilizzo che del canale secondario viene fatto.

Nel caso più semplice di utilizzo nel quale la funzione del canale secondario consiste semplicemente nel permettere l'interruzione della trasmissione in corso sul canale primario (invio allarmi, indicazione di passare in fonia, ecc...) i circuiti SCTS, SRD (dati ricevuti) e STD (dati trasmessi) non sono presenti in quanto la funzione di segnalazione viene ottenuta attivando semplicemente il circuito di richiesta di trasmettere sul secondario SRTS. Il modem del DTE che desidera interrompere la sessione trasmissiva in atto sul primario provvede, su richiesta del DTE mediante attivazione del circuito SRTS, ad inviare in linea la frequenza portante del canale secondario (vedere figura 5.5 per modem V. 21 e V. 23 operanti rispettivamente a 300 e 600-1200 b/s).

Il modem del secondo terminale rivela la presenza in linea del segnale portante e segnala l'evento al DTE mediante l'attivazione del circuito SDCD (secondary data carrier detector) per le azioni conseguenti.

Quando invece il canale secondario viene utilizzato per trasmettere dati lo stesso può essere utilizzato come vero e proprio canale ausiliario (e ad esso con tale nome usualmente ci si riferisce) in cui la direzione di trasmissione è indipendente da quella contemporaneamente in atto sul canale primario oppure come canale in cui la trasmissione può avvenire solamente in direzione opposta.

In quest'ultimo caso è implicito che l'utilizzazione tipica consiste nel trasmettere sul canale primario un flusso continuo di dati sotto forma di trame numerate sequenzialmente e sul secondario la conferma della correttezza dei dati ricevuti senza ricorrere alla inversione del canale primario per trasmettere l'acquisizione come avviene per i protocolli di tipo send-and-wait.

Circuiti di test

Una feature che riveste notevole importanza ai fini diagnostici è la possibilità di effettuare controlli del corretto funzionamento del modem locale o remoto. (fig. 5.6).

Oltre a questa prima differenziazione dei test effettuabili una seconda differenziazione si ha in base al tipo ed alle modalità di effettuazione a seconda che il sistema DTE(I)-DCE(I)-DCE(2)-DTE(2) operi in full od half-duplex in quanto mentre in full-duplex i dati di test (generalmente un messaggio contenente tutti i caratteri alfa numerici o sequenze particolari di caratteri) possono essere inviati e ricevuti contemporaneamente lo stesso non è possibile operando in half-duplex. Nel caso di full-duplex i test eseguibili sono chiamati rispettivamente di 'loop dati' e 'loop di interfaccia'.

Quando il modem viene posto, generalmente mediante switch posto sul pannello frontale, nella condizione di loop dati i dati trasmessi in uscita del modulatore vengono riportati all'ingresso del demodulatore (ricezione) senza interessare la linea e da qui, inviati al DTE di test. Nei modem dove però è prevista l'equalizzazione il loop

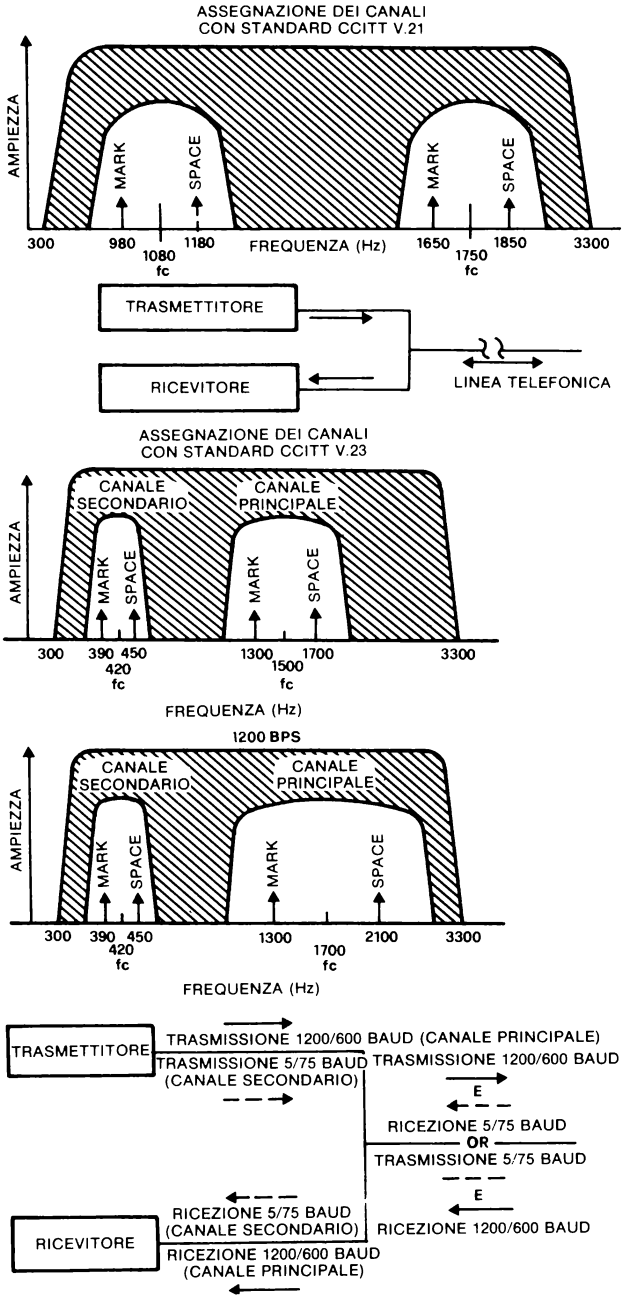
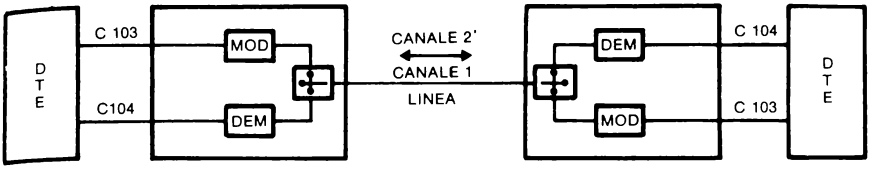
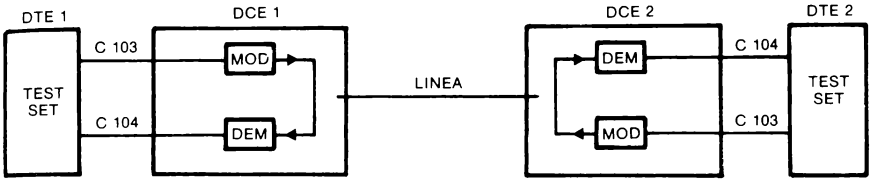


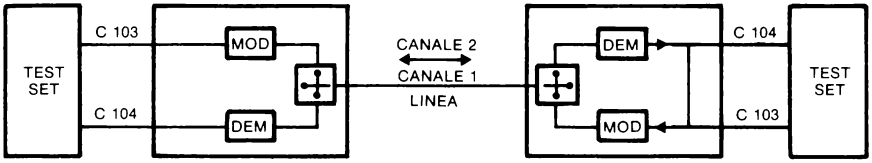
Figura 5.5 — Canali primari e secondari per le raccomandazioni CCITT V.21 e V.23.



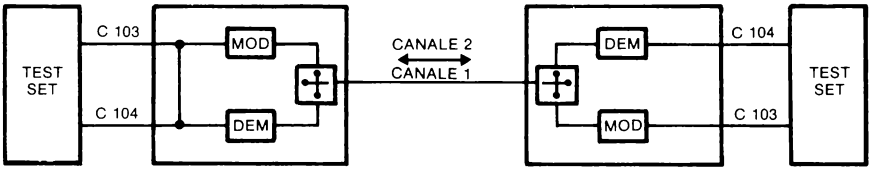
FUNZIONAMENTO NORMALE



LOOP DATI (a) LOOP DATI



FUNZIONAMENTO NORMALE (b) LOOP DI INTERFACCIA



LOOP DI INTERFACCIA (c) FUNZIONAMENTO NORMALE

(a) I due DCE sono provati localmente
(b) Test del DCE 1
(c) Test del DCE 2

Figura 5.6 — Condizioni di funzionamento di un modem dotato di circuiti di test.

dati viene effettuato prima dei circuiti di equalizzazione e quindi tale tipo di test non permette di rilevare errori introdotti da quest'ultimo dispositivo. Il test indicato con il nome di 'loop di linea», quando previsto, fa sì che i dati provenienti dal modem remoto passino attraverso l'equalizzatore di ricezione (se presente), il demodulatore, vengano reimmessi all'ingresso del modulatore e reinviati in linea verso il modem remoto. Mentre così nel caso di loop dati è possibile verificare il corretto funzionamento dell'interfaccia EIA con il loop di linea si controllano i circuiti di modulazione-demodulazione, gli eventuali circuiti di equalizzazione e la qualità della linea. È da notare che nel caso di linea guasta o disturbata durante il loop di linea si avrà un tasso di errore superiore a quello riscontrato nel funzionamento normale in quanto è come se la lunghezza della linea fosse raddoppiata.

Nel funzionamento in half-duplex sia il loop di linea che dati non sono ovviamente possibili e quindi diversi risultano i parametri e le sequenze che permettono di verificarne il corretto funzionamento. Tra questi sono sia gli eventuali clock di trasmissione e di ricezione che i ritardi esistenti tra il CTS ed il RTS. Problemi introdotti dalla cattiva qualità della linea o da disturbi che su di essa hanno influenza possono invece essere individuati mediante sezionamento, l'invio di pattern di prova o mediante dispositivi di test.

Maggiori informazioni sui tre tipi di test possono essere reperite nella raccomandazione V. 54 del CCITT.

Facility voce/dati

Una terza feature che riveste notevole importanza è la facility voce-dati mediante la quale il modem offre la possibilità di comunicare in fonia mediante un dispositivo telefonico connesso al modem stesso. Un commutatore voce-dati, quando posto nella posizione voce, inibisce la trasmissione dati e connette il dispositivo telefonico alla linea. L'operazione inversa, dopo un tempo predefinito, esclude il telefono e riabilita la funzione di trasmissione.

In funzione del tipo di modem e della presenza o meno del dispositivo di equalizzazione questo tempo (chiamato anche ritardo di risposta RTS/CTS) varia da circa 150 ms per modem operanti a 4800b/s sino a circa 250 ms. per modem operanti a 9600 b/s.

Funzionamento unattended

È una feature che offre la possibilità di funzionamento unattended (non presidiato) nel quale il modem rivela l'arrivo di una chiamata entrante e provvede automaticamente a connettersi alla linea telefonica, segnalare l'evento al DTE e predisporsi per la sessione successiva di trasmissione/ricezione.

Equalizzazione

Un punto altrettanto importante è costituito dalla presenza o meno dei circuiti di equalizzazione presenti di solito nei modem operanti a velocità pari o superiori a

1200 b/s. L'equalizzazione può essere presente sia nella versione fissa che manuale od automatica.

La necessità di equalizzare i segnali modulati ricevuti dalla linea deriva dal fatto che le frequenze in cui il segnale analogico può essere scomposto viaggiano a velocità diverse causando, in arrivo, una deformazione del segnale tale da renderne difficile la corretta identificazione. La deformazione, inoltre, cresce di molto con l'aumentare sia della frequenza di trasmissione che della distanza coperta. L'equalizzazione consiste appunto nel ricreare la giusta relazione in fase ed in ampiezza delle frequenze che costituiscono l'informazione utile. Nei modem equipaggiati con circuiti di equalizzazione fissa la medesima è ottenuta mediante tarature al momento della installazione. Questo tipo di equalizzazione si basa sul fatto che per una certa distanza le linee di trasmissione presentano caratteristiche di distorsione sufficientemente simili e la predisposizione si basa sulla media delle caratteristiche di linea relativamente alla banda di velocità e di distanza interessata.

Particolarmente utilizzata è poi nel caso di linea affittata o privata dove il percorso non varia su base di chiamata ma rimane invariato nel tempo. L'equalizzazione manuale è invece ottenuta mediante la regolazione di opportuni punti di taratura e presenta il notevole svantaggio di richiedere, per poter essere effettuata, l'utilizzazione di strumenti specifici. L'equalizzazione automatica permette un adeguamento continuo alle caratteristiche della linea trasmissiva in modo da seguirne le variazioni di risposta in tempo reale.

Per le sue stesse caratteristiche viene utilizzata nei modem con velocità generalmente superiore a 4800 b/s anche se già a 2400 b/s trova utilizzo per coprire tratte particolarmente lunghe o disturbate.

Multiplazione

È una feature che permette di multiplexare più canali a bassa velocità in un solo canale di uscita ad alta velocità.

Mediante questa opzione viene aumentato notevolmente il grado di utilizzazione di una linea essendo possibile, a titolo di esempio, utilizzare un modem a 4800 b/s per trasmettere contemporaneamente 2 canali a 2400 b/s oppure 4 canali a 1200 b/s. In generale non esiste una regola fissa per la multiplazione essendo il limite imposto dal numero dei connettori disponibili per gli ingressi e dalle caratteristiche fissate dal costruttore. Se da un lato diminuisce il numero delle linee utilizzate dall'altro si ha però un costo superiore del modem e la necessità di utilizzare una linea di qualità nettamente superiore.

L'EIA RS 232 ED I NUOVI STANDARD

Prima di concludere questa parte dedicata ai modem ed alla loro interconnessione con i DTE è utile confrontare quelle che sono le caratteristiche fisiche dell'interfaccia EIA RS 232 C, standard che risale ormai al 1969, con gli standard di conce-

zione più recente in grado di superare le limitazioni di velocità e distanza da essa imposte.

Nella RS 232 ognuno dei circuiti del connettore a 25 pin che costituiscono l'interfaccia è controllato da un driver che pilota un singolo circuito (non bilanciato) su cui viaggia il segnale bipolare che, come visto nella raccomandazione relativa del CCITT per la serie V è compreso tra –5 e –15 per il MARK e tra +5 e +15 e per lo SPACE. Sia il driver che il corrispondente receiver fanno inoltre riferimento ad un punto di massa comune.

Il livello utile dei segnali, correlato al fatto che la logica riconosce come MARK un segnale più negativo di –3 e come space più positivo di +3 porta ad osservare che il margine di rumore esistente tra il trasmettitore ed il ricevitore può essere, in certe condizioni di due volt.

Riassumendo quelli che negli ultimi anni sono emerse come limitazioni sempre più sentite abbiamo:

- massima velocità di 20 Kb/s
- distanza massima tra dte e dce pari a 50 piedi (circa 15 metri)
- scarsa immunità ai disturbi
- livelli logici non TTL compatibili
- circuiti a terminazione singola soggetti a crosstalk (diafonia)
- mancanza di circuiti per il test automatico o per il controllo del flusso dati.

A queste limitazioni si è cercato di porre rimedio con la promulgazione dei nuovi standard RS 422 (e RS 423) (aprile 1975) e RS 449 (novembre 1977) mediante i quali buona parte dei suaccennati problemi trovano soluzione o almeno, ne risultano fortemente attenuati e ricondotti a limiti più che accettabili.

INTERFACCIA EIA RS-422A

Mentre la raccomandazione CCITT V. 24 (EIA RS232C) costituisce lo standard di collegamento fisico, logico e procedurale tra DTE e DCE posti a breve distanza l'uno dall'altro e con velocità di trasferimento dei dati medio-bassa (i limiti sono infatti di circa 15 metri e 20 Kb/s rispettivamente) la raccomandazione EIA RS-422A (equivalente della CCITT V.11 per reti telefoniche commutate e della X.27 per reti dati) descrive un tipo di interfaccia standard che permette un trasferimento dati tra DTE e DCE (o DTE - DTE) ad alta velocità su distanze nettamente superiori a quelle permesse dalla RS-232.

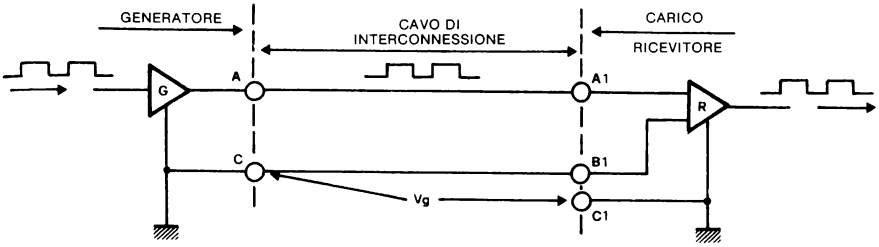
La Struttura differenziale bilanciata dei circuiti che la costituiscono (fig. 5.7), costituisce una velocità operativa che può giungere sino a 100 Kb/s per distanze di circa 1200 metri e sino a 10 Megabits/s su distanza ridotta di 12 metri. L'andamento tra questi due estremi è di tipo logaritmico. (fig. 5.8).

Come accennato questa elevata capacità operativa è diretta conseguenza della struttura differenziale del collegamento che oltre ad isolare da terra il segnale in linea tratta in modo differenziale il segnale effettivo ed i disturbi.

Il primo viene infatti amplificato dall'amplificatore in ricezione mentre i disturbi, che influiscono sui segnali utili che viaggiano sulle due linee di collegamento tra generatore e ricevitore, non lo sono.

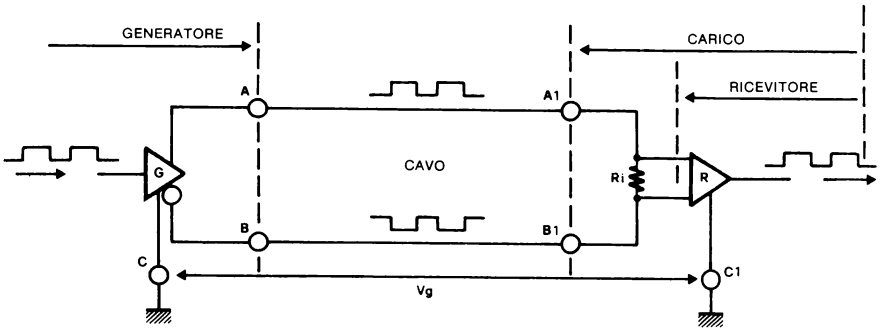
Il livello di influenza del rumore rimane quindi ad un livello estremamente basso ed è questo che permette di coprire le distanze indicate.

L'utilizzazione di un'interfaccia di tipo EIA RS-422 non è quindi limitata a collegamenti dove sia richiesto un trasferimento dati ad alta velocità ma bensì trova applicazione anche dove l'interconnessione tra DTE e DCE supera i convenzionali 15 me-



A - C: interfaccia del generatore
A_1 - B_1: interfaccia del carico
C_1: circuito di terra del carico
C: circuito di terra del generatore
Vg: differenza di potenziale di massa

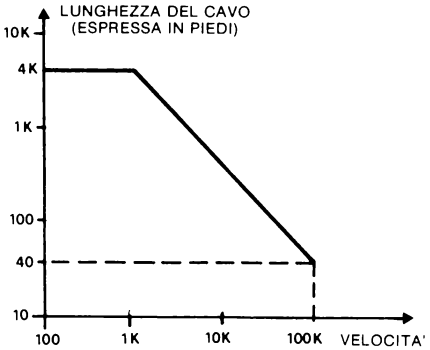
RS232C E RS423



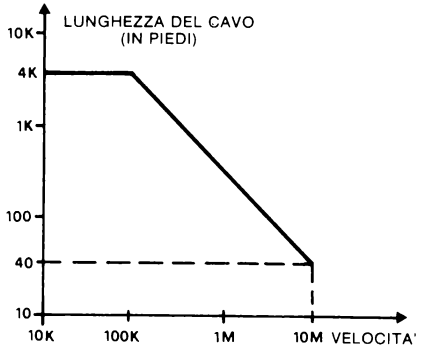
R_i: resistenza di terminazione del cavo (opzionale)
Vg: differenza di potenziale di massa
C, C_1: circuito di massa del generatore e del ricevitore
A, B: interfaccia lato generatore
A_1, B_1: interfaccia lato carico

RS422

Figura 5.7 — Struttura bilanciata e sbilanciata dei circuiti delle raccomandazioni RS 232C, RS 423 e della RS 422.



Rapporto tra velocità e lunghezza del cavo per i circuiti non bilanciati della RS232C e della RS423.



Rapporto tra velocità e lunghezza del cavo per i circuiti bilanciati della RS422.

Figura 5.8 — Rapporto tra la lunghezza della linea e la velocità di trasmissione per le raccomandazione RS 232C, RS 423 e RS 422.

tri copribili con l'RS 232C e non si voglia ricorrere a coppie di modem od a dispositivi intermedi di rigenerazione dei segnali.

L'RS-422A è utilizzabile anche dove sia necessario ridurre al minimo le interferenze sul segnale da parte di campi elettromagentici circostanti oppure dove il segnale, per problemi di controllo, debba essere inviato in modo invertito (per applicazioni particolari il segnale attivo è dato dal livello zero in quanto una interruzione accidentale del circuito sarebbe percepita come un livello uno e costituirebbe un segnale di disattivazione o inibizione del circuito controllato) cosa ottenibile invertendo semplicemente due fili della coppia che trasportano il segnale differenziale.

A fronte di tutti i vantaggi esposti la RS-422A presenta lo svantaggio, proprio a cuasa della sua struttura differenziale, di essere incompatibile con interfacce come la CCITT V.28 o CCITT V.35 a meno di ricorrere a modifiche dell'interfaccia od alla utilizzazione di dispositivi di conversione.

INTERFACCIA RS-423A

L'interfaccia EIA RS-423 è un tipo di interfaccia che accomuna le caratteristiche elettriche della RS-232 con i range di distanza e velocità confrontabili con la RS-422A.

La RS-423 ha i circuiti a terminazione singola (un solo filo come nella RS-232) di tipo bipolare e la distanza copribile varia da circa 10-12 metri a 100 Kb/s sino a 1000-1200 metri per velocità di circa 3 Kb/s. (fig. 5.7 e 5.8).

Oltre ad essere equivalente alla raccomandazione del CCITT V. 10 per circuiti telefonici commutati o CCITT X.26 per reti dati la RS-423 offre il vantaggio, essendo elettricamente equivalente, di poter collegare dispositivi con interfaccia RS-423 a dispositivi operanti con standard RS-232C operando solamente alcuni adattamenti marginali sui rispettivi connettori.

Un analogo discorso vale anche per l'interfacciamento con dispositivi che seguono lo standard EIA RS-422.

Oltre a scegliere nella realizzazione di un'interfaccia RS 423 la configurazione bilanciata o sbilanciata per i circuiti di interfaccia è possibile realizzare una combinazione delle due alternative implementando la configurazione bilanciata per i circuiti dati e di temporizzazione e la sbilanciata per i circuiti aventi funzioni di controllo.

Una considerazione importante nella connessione di apparati aventi interfaccia RS 423 con dispositivi in RS 232 o RS 422 è che in tal caso le caratteristiche in velocità ed in distanza sono soggette alle limitazioni della RS 232 nel primo caso e a quelle della RS 423 nel secondo.

INTERFACCIA EIA RS 449

Lo standard RS449 costituisce uno standard completo in quanto definisce gli aspetti fisici, funzionali e procedurali inerenti al collegamento di un dte con un dce.

È un tipo di interfaccia che ingloba il set completo delle caratteristiche fisiche e funzionali della RS 232C ed inoltre introduce 10 ulteriori circuiti di interfaccia allo scopo di incrementarne la potenzialità.

L'interfaccia fisica è costituita da due connettori a 37 e 9 pin rispettivamente.

Le caratteristiche principali che la contraddistinguono sono una notevole immunità ai disturbi, una distanza copribile di circa 200 metri ed una velocità trasmissiva di circa 2 Megabit /s.

I circuiti aggiuntivi rispetto alla RS 232 sono:

a – circuiti di test

LL: circuito per il test locale
RL: circuito per il test remoto
TM: circuito di Mode test

b —circuiti di controllo

SS: selezione per standby
SB: indicatore di standby
SF: circuito per la selezione della frequenza di lavoro.

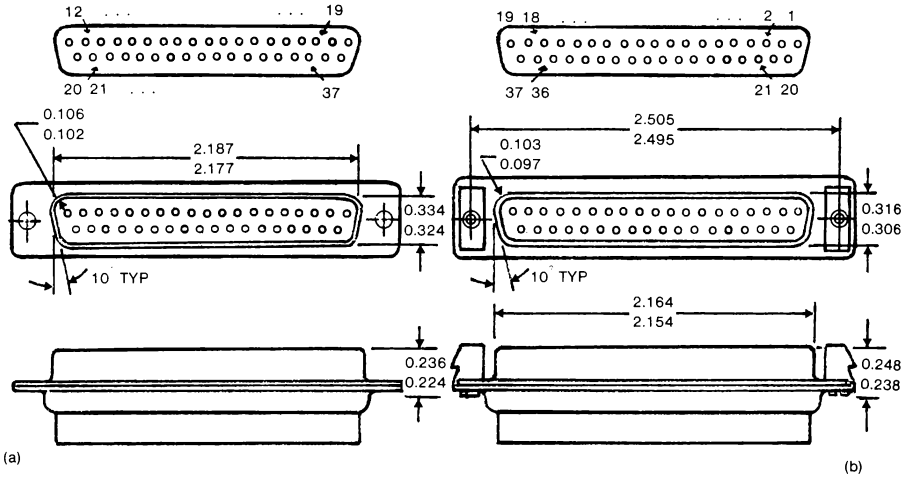
c —circuiti per funzioni di servizio sotto controllo del DTE

IS: terminale in servizio
NS: rivelazione nuovo segnale

agli otto circuiti elencati vanno aggiunti due circuiti comuni.

La figura 5.9 riporta la struttura del connettore a 37 pin. Per le caratteristiche elettriche valgono le stesse considerazioni viste per la 422 e 423.

Nei confronti della RS-232C i vantaggi principali offerti consistono in un aumento della distanza utile tra DTE e DTE o tra DTE e DCE, nell'incremento notevole della velocità trasmissiva e nella disponibilità del set esteso di circuiti resi disponibili al DTE per il controllo dello stato del modem o per l'effettuazione automatica di test di linea.



N.B.: TUTTE LE MISURE SONO ESPRESSE IN POLLICI

Figura 5.9 — Interfaccia meccanica a 37 pin relativa alla raccomandazione RS 449: a—maschio b—femmina.

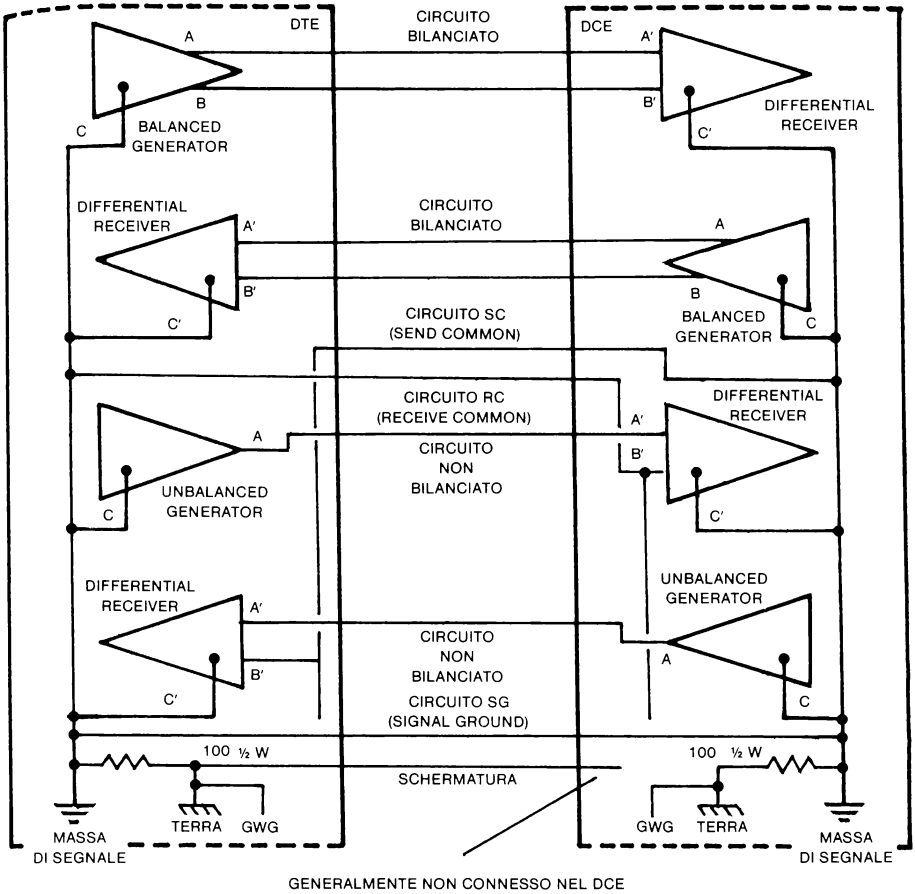


Figura 5.10 — Connessione delle masse tra DTE e DCE per i circuiti bilanciati e sbilanciati della raccomandazione RS 449.

STANDARD IEEE - 488

Tra gli standard che stanno acquisendo una discreta diffusione si deve annoverare anche lo IEEE 488 conosciuto anche come GPIB (acronimo per General Purpose Interface Bus).

La sua introduzione da parte dello IEEE ha avuto lo scopo di coprire le esigenze di collegamento tra apparecchiature di misura utilizzando un'interfaccia a standardizzazione universale. La molla che ha portato nell'ormai lontano 1975 lo IEEE ad elaborare e proporre questa particolare struttura di interfaccia è stato il rilevare come le normali procedure di test e di progetto fossero ormai inadeguate in relazione allo

sviluppo tecnologico e sistemistico che si andava generalizzando. In prospettiva inoltre la prevista diffusione di mini e di micro prospettava come economicamente valida l'utilizzazione di calcolatori per la gestione di vere e proprie reti locali di unità di misura.

La realizzazione di strumentazione sempre più precisa e microcontrollata (sia a programma che a firmware) aveva trovato un limite applicativo allo sfruttamento completo della propria potenzailità in quelli che erano i limiti intrinseci dell'operatore umano che doveva condurre le sequenze di misura e di test così come pure la possibilità di sfruttare in tutte le sue possibilità e versatilità strumentazioni che, veri e propri calcolatori, solamente con controllo registrato, e quindi tramite un calcolatore di controllo, potevano dare il meglio di sé.

Nonostante la difficoltà di sfruttarne appieno le possibilità gli strumenti per il test automatico avevano indubbiamente introdotto benefici quali: costi inferiori, diminuzione delle possibilità di errore (dovuto ciò ad un maggior automatismo nella effettuazione della misura) e risparmio di risorse umane non più distolte da, per la maggior parte delle volte, tediose sessioni di test. Di converso sul mercato si era creata una situazione che vedeva proliferare una vera e propria miriade di prodotti automatici incompatibili gli uno con gli altri, alcune volte anche in relazione alla stessa casa costruttrice, e tali da imporre notevoli sacrifici in tempo ed in denaro per la realizzazione di opportune interfacce quando sfortunatamente si doveva ricorrere per mancanza di alternative, ad apparati di case diverse con interfacce native con caratteristiche fisiche ed elettriche incompatibili.

Lo standard 488 dello IEEE ha posto le basi necessarie per superare lo scoglio della incompatibilità tra prodotti di case differenti nel settore specifico del controllo e della misura anche se, come si vedrà meglio in seguito, non tutti gli aspetti inerenti all'interfacciamento di dispositivi diversi sono stati risolti.

Ciononostante lo standard costituisce una pietra miliare verso una più ampia standardizzazione e, pur con i suoi limiti, costituisce una significativa dimostrazione dell'importanza che hanno gli standard di comunicazione internazionali già promulgati od in via di formalizzazione.

Il GPIB

Il GPIB è definito nello standard IEEE 488 del 1975: «Digital Interface for programmable instrumentation». Senza addentrarsi nell'analisi dettagliata dello standard la Fig. 5.11 e la Tabella 5.4 descrivono rispettivamente la struttura del bus e gli stati mnemonici in cui è previsto possa trovarsi l'interfaccia. Ogni dispositivo che deve essere connesso al bus deve avere almeno un indirizzo di rete mentre è l'unità che agisce da controller del bus stesso che lo può configurare in modo da farlo funzionare da «talker» da «listener» o da «sender» di stato.

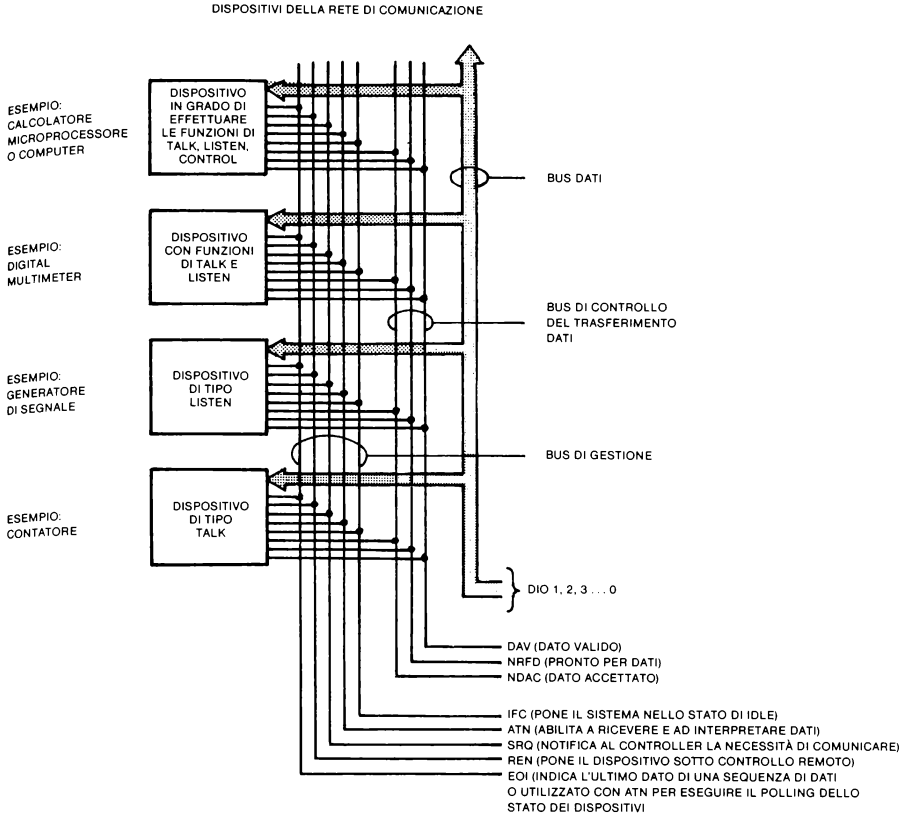


Figura 5.11 — Dispositivi della rete di comunicazione.

Funzione	Significato
Talker (T)	— Abilita il dispositivo ad inviare informazioni sul bus dopo essere stato indirizzato
Listener (L)	— Abilita il dispositivo ad inviare informazioni inviate sul bus
Source Handshake (SH)	— Sincronizza la trasmissione di messaggi
Acceptor Handshake (AH)	— Sincronizza la ricezione di messaggi
Remote-Local (RL)	— Permette di scegliere tra una programmazione effettuata tramite bus GPIB o tramite il pannello frontale
Device Clear (DC)	— Pone il dispositivo nello stato di idle iniziale
Device Trigger (DT)	— Attiva operazioni fondamentali del dispositivo
Parallel Poll (PP)	— Abilita contemporaneamente 8 dispositivi ad inviare un bit di stato al controller
Controller (C)	— Abilita a selezionare il dispositivo con funzione di talker

Tabella 5.4

Va notato che la Tabella 5.4 illustra le funzioni di interfacciamento così come definite non nello standard inizialmente emesso bensì nella versione emendata promulgata nel 1978.

Per le funzioni è stata mantenuta nella tabella la dizione inglese in quanto ormai universalmente accettata e, nella maggior parte dei casi, auto-esplicativa. In un particolare dispositivo di misura non tutte le funzioni elencate devono essere necessariamente implementate bensì in essa troverà realizzazione solo quel sottoinsieme che caratterizza lo strumento.

La Fig. 5.11 mostra i quattro tipi di dispositivi e le implementazioni funzionali relative. Il set completo di funzioni è usualmente presente solamente nelle unità di controllo, generalmente un calcolatore della classe dei mini, in cui le stesse sono implementate a programma.

La Tabella 5.5 illustra invece quelle che sono le caratteristiche fisiche ed elettriche del GPIB.

— Lunghezza del cavo sino a 20 metri con un carico formato da un dispositivo ogni 2 metri — Sino a 15 dispositivi (di cui uno sia l'unità di controllo) possono essere collegati con una topologia a bus od a stella — I livelli dei segnali e dei dati sono da considerarsi logicamente veri quando si trovano ad un livello di tensione $\leq +0{,}8$ V e falsi quando $\geq +2$ V. — I livelli di tensione sono generalmente TTL compatibili — La velocità massima sul bus è di 250 kbyte/sec. per distanze non superiori ai venti metri e con dispositivi inseriti sul bus a distanze di due metri

Tabella 5.5

Un punto fondamentale è la distanza a cui possono essere inseriti sul bus gli apparati di misura ed in base alla quale è specificato che si debba avere un unità di misura ogni due metri lineari di bus. Il numero di dispositivi collegabili può sembrare limitato ma è tale da coprire la quasi totalità delle topologie di misura e da garantire una velocità sino a 250 Kbyte/sec. entro la distanza di 20 metri.

Struttura e funzionamento del bus

Il bus vero e proprio è suddiviso in tre gruppi di linee che chiameremo a loro volta bus.

Il bus su cui avviene il trasferimento dei dati da/verso unità di controllo e da/verso periferiche è costituito da otto linee su cui i byte di otto bit vengono trasferiti in parallelo.

È tramite il bus dati che avviene il trasferimento di messaggi codificati, di byte che rappresentano lo stato dei dispositivi o dei dati inerenti ai programmi applicativi.

Un secondo bus, contituito da tre linee agisce come bus di controllo per il trasferimento del byte sul bus dati. La Fig. 5.12 illustra meglio come avviene il trasferimento.

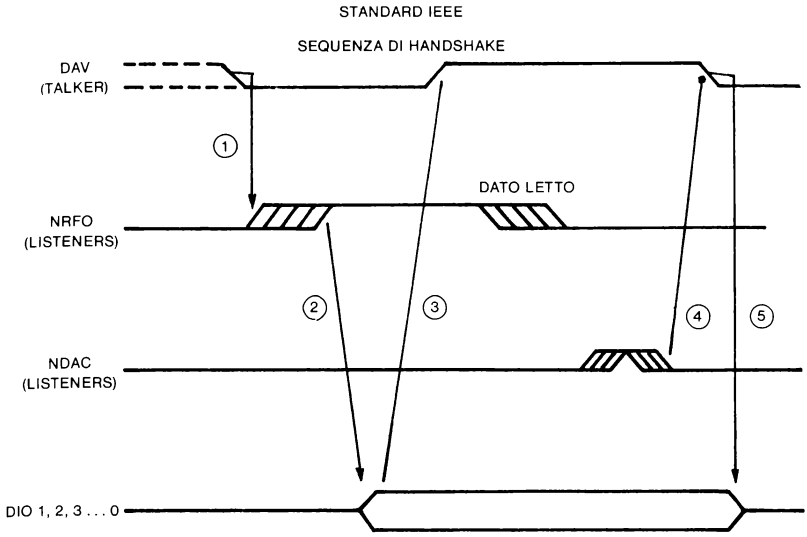


Figura 5.12 — Standard IEEE 488: sequenza di handshake.

L'unità con funzione di talker (che cioè vuole trasmettere) che desidera inviare uno o più byte ad una unità selezionata come listener (che cioè deve ricevere) si pone in osservazione della linea NRFD per vedere se da parte del listener vi è la disponibilità a ricevere. Quando questa corrispondenza di verifica la linea NRFD viene posta nello stato logico 1.

L'unità talker può inviare a questo punto sul bus il relativo dato e portare a livello logico positivo la linea DAV che assume così il significato di dato disponibile. L'unità listener attivata può ora prelevare il dato presente sul bus dati. Una volta letto il dato l'unità ricevente pone a livello logico positivo la linea NDAC con il significato di dato accettato. Sulla transizione negativa del segnale (4) l'unità talker riporta a livello basso la linea DAV ed il ciclo può riprendere dall'inizio sino al completamento del trasferimento dei dati.

Un trasferimento di questo tipo prende il nome di handshake e presenta il vantaggio di permettere il trasferimento dei dati con quella che è la massima velocità compatibile con il più lento dei due dispositivi interessati.

Il terzo gruppo di linee costituisce il bus che possiamo chiamare gestionale in quanto è tramite esso che vengono attivati o disattivati i dispositivi connessi al bus ed asserviti all'unità di controllo ed avviare le fasi di trasferimento, di polling o di interrupt.

Funzioni logiche

Le funzioni logiche previste dallo standard sono elencate in Fig. 5.13. La seconda colonna della figura mostra il simbolo mnemonico generalmente utilizzato mentre la terza colonna illustra (riferendosi alla Fig. 5.14) quali sono i percorsi che, a livello di singolo dispositivo, vengono interessati dalla funzione relativa.

FUNZIONE	SIMBOLO MNEMONICO	PERCORSI PRINCIPALI
SOURCE HANDSHAKE	SH	1, 2, 4, 5
ACCEPTOR HANDSHAKE	AH	1, 2, 4, 5
TALKER OR EXTENDED TALKER	T OR T	1, 2, 3, 4, 5
LISTENER OR EXTENDED LISTENER	L OR LE	1, 2, 3, 4, 5
SERVICE REQUEST	SR	1, 2, 4, 5
REMOTE LOCAL	RL	1, 2, 4, 5
PARALLEL POLL	PP	1, 2, 4, 5
DEVICE CLEAR	DC	1, 2, 4, 5
DEVICE TRIGGER	DT	1, 2, 4, 5
CONTROLLER	C	1, 2, 4, 5, 6

Figura 5.13 — Funzioni di interfaccia disponibili.

La Fig. 5.14 mostra la suddivisione funzionale generale di un dispositivo. La parte B racchiude e si riferisce alle funzioni applicative definite dal costruttore ed è la parte «device dependent» di un dispositivo.

La parte A è la vera e propria interfaccia standard funzionale dello IEEE 488 che implementa le funzioni (in toto od un sottoinsieme) di Fig. 5.13.

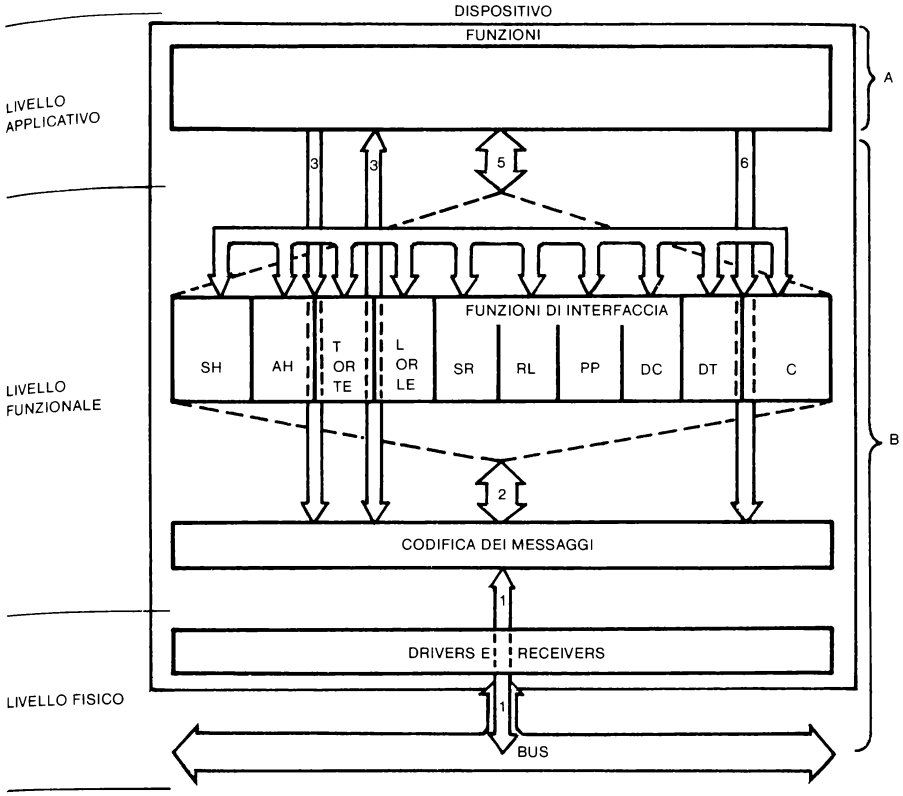
I recenti sviluppi nel settore della microelettronica hanno notevolmente semplificato la realizzazione del livello fisico e funzionale di un dispositivo.

Appositi circuiti integrati permettono infatti di realizzare sia le funzioni talker-listener che di controllo uniformandosi a quelli che sono i dati indicati dallo standard 488.

La disponibilità di integrati di tale tipo a basso costo lascia intravedere un notevole sviluppo nel settore ed una parallela diminuzione dei costi.

Dispositivi di un sistema basato su un GPIB

Un sistema GPIB consiste fondamentalmente di un bus ad elevata velocità e di un certo numero di unità di controllo e di misura distribuiti secondo una struttura topo-



A DIPENDENTE DALLA APPLICAZIONE
B DEFINIZIONE STANDARD
1 LINEE DI INTERFACCIA
2 INTERFACCIA PER I MESSAGGI DA/VERSO FUNZIONI DI INTERFACCIA
3 MESSAGGI DIPENDENTI DALLA APPLICAZIONE
4 CORRELAZIONE TRA LE FUNZIONI DI INTERFACCIA
5 MESSAGGI LOCALI TRA LIVELLO FUNZIONALE ED APPLICATIVO
6 MESSAGGI REMOTI INVIATI DAL LIVELLO APPLICATIVO

Figura 5.14 — Suddivisione funzionale generale di un dispositivo.

logica a bus o a stella in modo da realizzare una vera e propria rete locale di unità intelligenti. (fig. 5.15).

Il bus IEEE 488 costituisce però solamente il mezzo trasmissivo tra i diversi apparati e può essere visto come uno degli elementi del sistema.

Gli altri elementi la cui presenza è indispensabile per fornire la effettiva capacità funzionale e di presentazione dei risultati sono:

— *Unità di controllo*

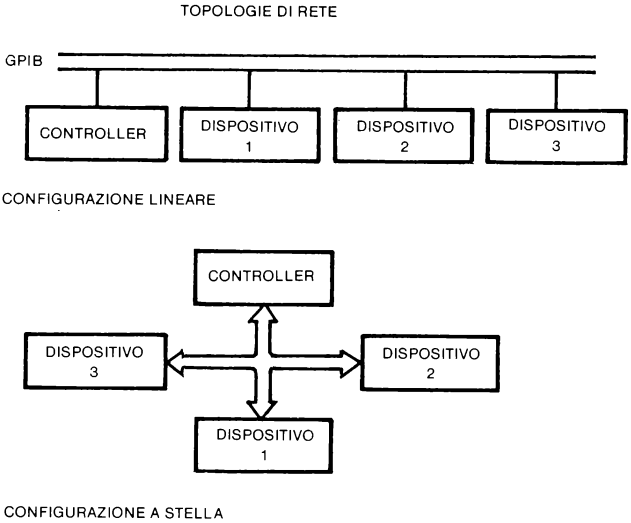


Figura 5.15 — Topologia di rete.

È l'unità intelligente master del sistema.

Opportunamente programmata o mediante firmware residente interagisce con l'operatore ed avvia le sequenze operative richieste mediante i messaggi di comando impostati da consolle dall'operatore.

La necessità di interagire con un bus ad alta velocità come un bus GPIB richiede che il sistema operativo reagisca ai processi di input-output con la necessaria velocità. Il fatto inoltre di dover elaborare ed interpretare velocemente forme d'onda tipiche o grafici di una certa complessità rende particolarmente attraenti minielaboratori dell'ultima generazione con CPU od unità periferiche intelligenti dedicate specialmente a tale compito.

Possono esistere due tipi di controller, il primo è quello che in un certo istante controlla effettivamente il bus ed il trasferimento di informazioni e ad esso ci si riferisce come controller attivo. Il secondo è il controller di distema ed in quanto tale può, in ogni istante, togliere il controllo del bus al controller attivo.

— *Unità di misura*

Possono essere suddivise in due categorie fondamentali chiamate rispettivamente di generazione (o di stimolo) e di rilevazione (o di misura).

Alla prima categoria appartengono gli strumenti come i generatori di forme d'onda (impulsi, rampe, ecc...) unità cioè che forniscono segnali a quell'insieme di apparati a cui la rete è connessa.

La seconda categoria comprende ad esempio multimetri, contatori di impulsi, strumenti per l'analisi spettrale o per la realizzazione della trasformata rapida di Fourier (FFT); in generale quindi gli strumenti che forniscono un input alla rete di rilevazione ed alla unità di controllo.

– *Unità di presentazione*

Le unità di presentazione sono quelle unità che permettono di visualizzare i risultati in modo comprensibile all'operatore o di presentargli i menù contenenti i tipi di misura o le scelte parametriche da impostare. A secondo delle necessità potranno essere video, plotter, terminali grafici o semplici stampanti.

– *Unità di input*

È generalmente una TTY od una semplice tastiera mediante la quale l'operatore introduce le scelte parametriche o seleziona le prove da effettuare.

Scelta dei dispositivi

Il primo problema da affrontare nella realizzazione della rete locale di misura e rilevazione è la selezione dei singoli strumenti inerenti alla applicazione specifica.

Le specifiche che è necessario verificare sono diverse e solamente ponendo molta attenzione in questa fase ci si garantirà dal dover fronteggiare successivamente problemi difficilmente risolvibili.

Il primo punto, anche se può sembrare eccessivo l'enunciarlo, consiste nell'accertarsi della effettiva corrispondenza delle capacità di misura dello strumento alla qualità ed alla accuratezza delle misure da effettuare.

Anche la velocità con cui le misure possono essere realizzate è da controllare in questo ambito.

Il secondo punto consiste nell'assicurarsi che l'interfaccia sia compatibile con l'uso che se ne vuole fare e con i restanti apparati che dovranno essere connessi al bus IEEE 488.

Altri punti, di minor importanza, anche se utili allo scopo di facilitare le attività di manutenzione, interazione con l'operatore e lo sviluppo del software applicativo sono:

A – utilizzazione o meno di codici standard (ASCII, EBCDIC, ecc.).

B – possibilità di salvare a programma, in modo da evitare successive inizializzazioni, la configurazione impostata dalla consolle di controllo del dispositivo.

C – attivazione diagnostica remota da parte dell'unità di controllo e locale mediante il pannello di comando del dispositivo.

D – impostazione da unità di controllo di tutti i parametri operativi senza dover interagire mediante il pannello di comando.

Gestione del sistema

Una volta selezionati gli strumenti appropriati in funzione delle necessità operative si è realizzata quella parte, che a tutt'oggi può essere considerata la più semplice visto il sempre più ampio numero di fornitori aderenti allo standard IEEE 488, tale da coprire quelle caratteristiche di risoluzione e di accuratezza richieste dal tipo di misura da effettuare. La fase successiva, la realizzazione di una vera e propria rete locale i cui dispositivi siano connessi reciprocamente secondo la topologia prescelta richiede, oltre alla eventuale costruzione fisica del bus vero e proprio la realizzazione dei programmi gestionali ed una serie di attività elencate dai punti seguenti:

– *Programmi applicativi*

Costituiscono l'aspetto più gravoso ed implicano la necessità di gestire apparecchiature che, pur uniformandosi allo standard IEEE possono presentare differenze sia sintattiche che di formato per i comandi ricevuti od inviati. Ciò si traduce nella necessità di costruire e mantenere in memoria di programma nell'unità di controllo opportune tabelle di conversione dei comandi dalla struttura interna del controller nella forma interpretabile correttamente dal dispositivo interessato alla misura.

– *Set dei comandi*

La presenza di set di comandi diversi per ogni strumento richiede, parimenti a quanto deve essere fatto per le differenze sintattiche e di formato, la realizzazione di relativi sottoprogrammi che possono risultare differenti anche se la funzione da realizzare è la medesima.

– *Collaudo funzionale*

Richiede una verifica parallela della funzionalità del bus, della capacità trasmissiva in bit al secondo e del software implementato.

Soprattutto il debug del software può rivelarsi complicato e ciò in misura tanto maggiore quanto più sono i tipi diversi di strumenti interconnessi al bus e quanto maggiore è la dipendenza e interrelazione delle sequenze di test che devono essere fatte.

Nei casi più complessi il debug può richiedere a sua volta la implementazione di ulteriori programmi con una crescente complessità globale facilmente immaginabile.

– *Presentazione ed interazione*

La propensione umana a compiere errori e la necessità di interagire con valori sia digitali che analogici richiede che siano realizzati opportuni menù che tramite unità di presentazione (TTY, Video, ecc.) facilitino all'operatore la selezione delle funzioni da realizzare.

Di converso i risultati delle misure devono essere forniti in forma comprensibile e ciò può richiedere la costruzione di tabelle, di grafici o la interpolazione dei risultati secondo le funzioni desiderate.

Nome del segnale	Pin numero	Connettore
DIO 1	1	
DIO 2	2	
DIO 3	3	
DIO 4	4	
REN	17	
EOI	5	
DAV	6	
NRFD	7	
NDAC	8	
IFC	9	
SRQ	10	
ATN	11	
Cable shield	12	
DIO 5	13	
DIO 6	14	
DIO 7	15	
DIO 8	16	
Ground	18	
|	|	
Ground	24	

Figura 5.16 — Connettore IEEE 488.

— *Documentazione*

Rientra generalmente nella realizzazione dei programmi applicativi ma merita di essere menzionata a parte in quanto solamente uno sforzo in direzione di una documentazione chiara e dettagliata può garantire la manutenzione, l'aggiornamento o la modifica successiva in modo da adeguare la rete a variate esigenze applicative.

Il software

Un ultimo punto, parimenti indispensabile, anche se invisibile all'utente è costituito dal software di sistema.

A secondo della complessità della rete e della capacità elaborativa della unità di controllo può essere strutturato in un certo numero di livelli logici. Una configurazione minima richiede generalmente almeno due livelli costituiti rispettivamente dal software di sistema (sistema operativo, file manager, assemblatori e compilatori, programmi di edit e di debug, ecc.) e dal software applicativo (gestione dell'I/O, programmi di attivazione dei dispositivi di misura secondo le sequenze prestabilite, programmi di presentazione e di interpretazione dei risultati, tabelle di conversione, ecc.) in generale quindi l'insieme dei programmi mediante i quali l'unità di controllo fa evolvere l'intera rete di misura secondo le sequenze volute dall'utente.

È il software applicativo che, sotto controllo del sistema operativo rende attivo l'intero sistema permettendo, tramite il GPIB, lo scambio ordinato delle informazioni inerenti a comandi e dati.

La messa a punto dei programmi applicativi è la parte forse più complessa nell'intera realizzazione e richiede un precedente approfondito lavoro di analisi in modo da chiarire nei minimi dettagli le operazioni che le diverse parti della rete devono compiere, come e quando, ed una conoscenza approfondita nel modo operativo dei singoli dispositivi e dei comandi relativi.

Evoluzione futura

Lo standard IEEE-488 ha inserito il campo della strumentazione nel più ampio settore delle reti locali permettendo potenzialmente la interconnessione di strumenti di costruttori diversi in modo da soddisfare le più svariate esigenze applicative.

Il fatto che lo standard si limiti a delineare, come abbiamo visto, solo alcune delle funzioni di interfaccia costringe tuttora l'utilizzatore a realizzere personalmente l'adattamento di quelle funzioni che ogni costruttore implementa secondo la propria interpretazione dello standard.

Per eliminare questi problemi alcune case (Tektronix, Hewlett-Packard, ecc.) forniscono famiglie di dispositivi standard in grado di coprire la maggior parte delle esigenze di rete e ciò indubbiamente costituisce, per l'utente finale, una soluzione attraente ai propri problemi.

L'esistenza di famiglie di dispositivi la cui interconnettibilità mediante un bus IEEE-488 è globale e relativa non solo al livello fisico di interfaccia ma anche ai livelli logici superiori si scontra però con quella tendenza alla diversificazione dei fornitori che generalmente costringe il fornitore a mantenere prezzi accettabili. Non va trascurato anche che mentre alcune case sono presenti in certe aree, non lo sono in altre con i conseguenti problemi di assistenza e manutenzione che ne discendono.

Quello che ci si può aspettare, analogamente a quanto è avvenuto per il settore dei mini e dei terminali, è che i costruttori minori facciano riferimento nelle nuove generazioni di dispositivi allo standard IEEE-488 per ciò che riguarda il livello fisico e a quello che è il set di funzioni e di comandi delle case costruttrici leader del settore per ciò che è inerente ai livelli funzionali superiori.

Ciò dovrebbe permettere di ottenere ugualmente gli obiettivi sopracitati evitando una proliferazione di reti compatibili solamente a livello di bus che finirebbero con lo stravolgere l'intendimento che è stato alla base della creazione da parte dello IEEE dello standard 488 stesso.

CONFRONTO TRA ALCUNE DELLE CARATTERISTICHE ELETTRICHE DEGLI STANDARD RS2326, RS422, RS423			
CONFIGURAZIONE DEL DRIVER	RS232 C SINGLE-ENDED (NON BILANCIATA)	RS 423 SINGLE-ENDED (NON BILANCIATA)	RS 422 DIFFERENZIALE (BILANCIATA)
LUNGHEZZA MASSIMA DEL CAVO	50 ft (215 m)	4000 ft (1200 m)	4000 ft (1200 m)
VELOCITÀ MASSIMA	20 Kb/s	100 Kb/s a 40 ft	10 Mb/s a 40 ft
TENSIONE DI USCITA DEL DRIVER A CIRCUITO APERTO	$\pm 3\ V \leq V_o \leq \pm 25\ V$	$\pm 4\ V \leq V_o \leq \pm 6\ V$	$V_o \leq 6\ V$ TRA I TERMINALI A e B
TENSIONE DI USCITA CON CARICO CORRENTE DI CORTO CIRCUITO	$\pm 5\ V \leq V + \leq \pm 15\ V$ CARICO DA 3 KΩ a 7 KΩ $\leq \pm 500$ m A	$Vt \geq .9\ V_o$ CARICO 450 Ω $\leq \pm 150$ m A	2 V TRA A E B CARICO 100 Ω BILANCIATO $\leq \pm 150$ m A
SOGLIA DI INPUT IN (V)	± 3 V	200 m V DIFFERENZIALI	200 m V DIFFERENZIALI
SOGLIA DI IMPUT (IMPEDENZA)	3 ÷ 7 KΩ 2500 pF	≥ 4 KΩ	≥ 4 KΩ
RANGE TENSIONE	—25 V a +25 V	—12 V a +12 V	—12 V a +12 V

CAPITOLO 6

MULTIPLEXER

Nei sistemi di trasmissione dati il costo delle linee di comunicazione ha finito col costituire una parte notevole di quello che è il costo globale di un sistema.

I concentratori ed i multiplexer sono la risposta imposta dagli utilizzatori allo scopo di utilizzare il singolo supporto trasmissivo per più canali dati.

Storicamente il problema di suddividere l'utilizzazione di una linea tra più utenti ha coinvolto due aspetti.

Il primo, tecnico, inerente a come far coesistere fisicamente canali logici diversi sullo stesso canale fisico, il secondo invece relativo alla utilizzazione ottimale dei canali logici resisi così disponibili in modo da ottenere un effettivo vantaggio economico. Il primo punto è decisamente quello che ha focalizzato gli sforzi maggiori e che, allo stato attuale, può essere risolto nel modo più confacente alle proprie esigenze di rete, comunque complesse.

Come riferimento consideriamo la figura 6.1 e vediamo quali sono i metodi mediante i quali è possibile collegare dei terminali ad un elaboratore partendo dal caso più semplice illustrato in figura 6.1a sino al caso di maggior complessità descritto in figura 6.1e.

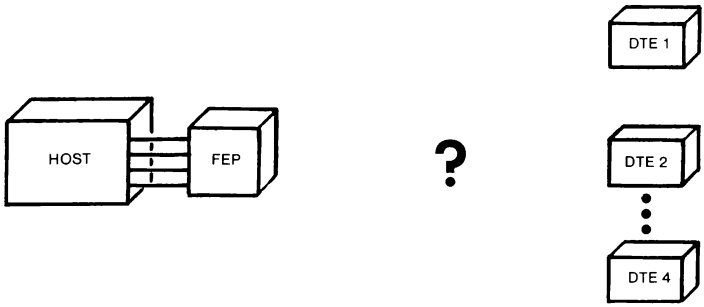


Figura 6.1 — Alternative comuni per il collegamento di più terminali ad un host.

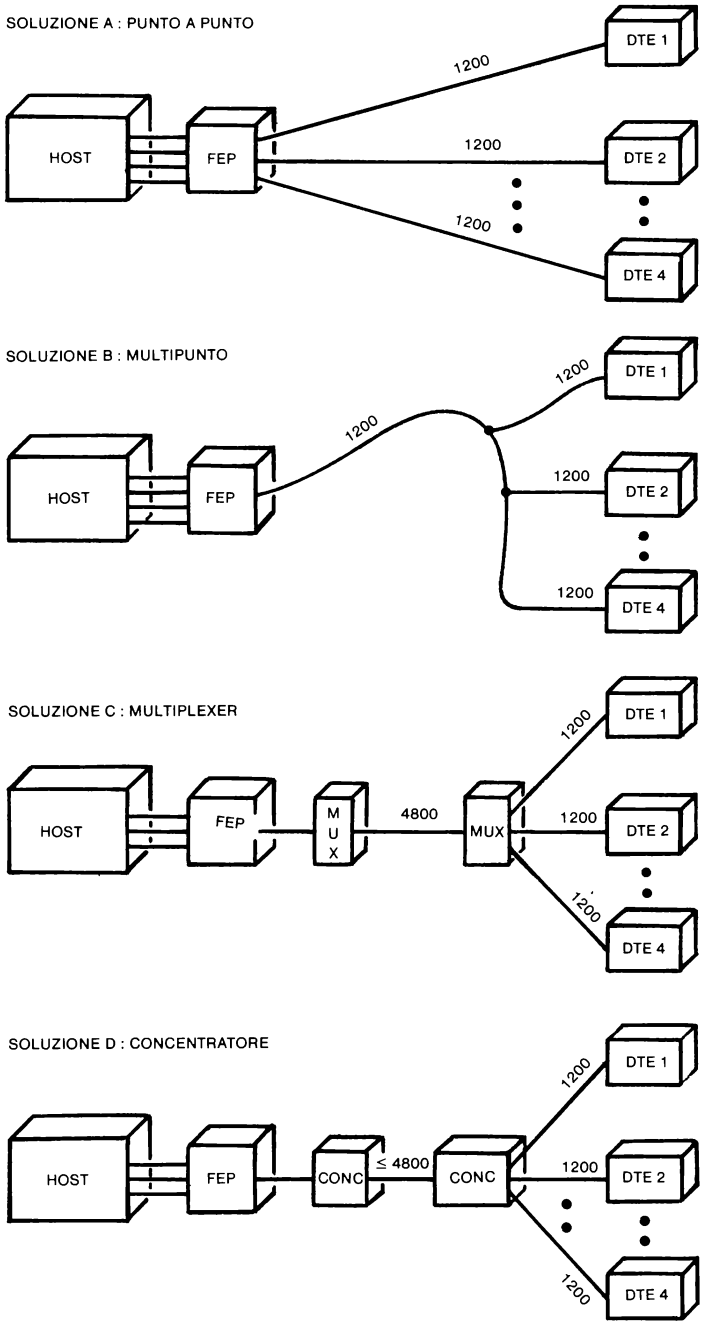


Figura 6.1 — (continua).

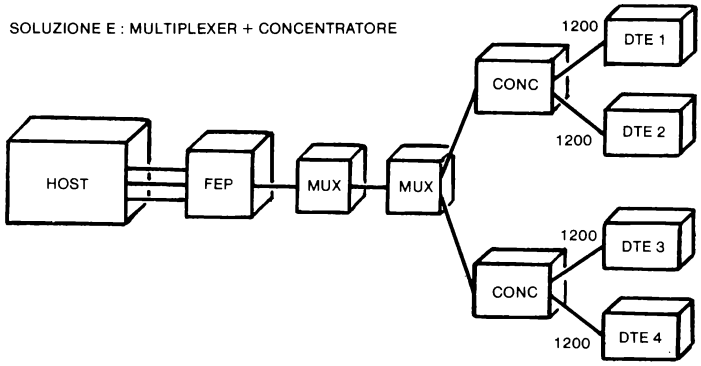


Figura 6.1 — (continua).

Le fig. 6.1b e c rappresentano i ben conosciuti metodi di connessione punto a punto e multipunto.

Trascurando la prima delle due soluzioni, di per sè banale, il multipunto costituisce già un metodo che permette una migliore utilizzazione di una linea e quindi un costo unitario per bit trasmesso più contenuto.

Sfortunatamente presenta anche alcuni svantaggi.

Tra questi la necessità che il DTE riconosca il proprio indirizzo nel messaggio che in linea viene inviato contemporaneamente a tutti i terminali ad essa connessi.

Il DTE deve inoltre disporre di un buffer interno dove memorizzare il messaggio in via di composizione in attesa della abilitazione a trasmetterlo (polling) inviata dall'host che lo controlla.

Questi due fatti, unitamente alla necessità di ricorrere all'utilizzo di protocolli ad alto livello, BSC, HDLC, ecc; costringe ad utilizzare terminali intelligenti e non semplici ed economici terminali di tipo start-stop come nel caso di un collegamento punto a punto in cui la capacità di bufferizzazione e di editing risiede nell'elaboratore centrale.

L'alternativa al punto a punto consiste nell'utilizzazione dei Multiplexer (fig. 6.1c). In tal caso invece che effettuare la connessione dei DTE all'host con la linea multipunto si ricorre ad un canale trasmissivo a più alta capacità (pari alla velocità di ogni DTE per il numero degli stessi) suddiviso in tanti canali quanti sono i terminali che devono utilizzare la linea. (Tab. 6.1)

La funzione principale che il multiplexer è tenuto a svolgere consiste nel trasmettere i dati di un DTE nella banda trasmissiva che gli è assegnata all'interno della banda globale del canale stesso. Ne consegue che nel caso i terminali operino con una velocità pari a 1200 b/s il canale trasmissivo dovrà operare a 4800 b/s.

Il multiplaggio può essere realizzato mediante due tecniche del tutto differenti chiamate rispettivamente FDM e TDM.

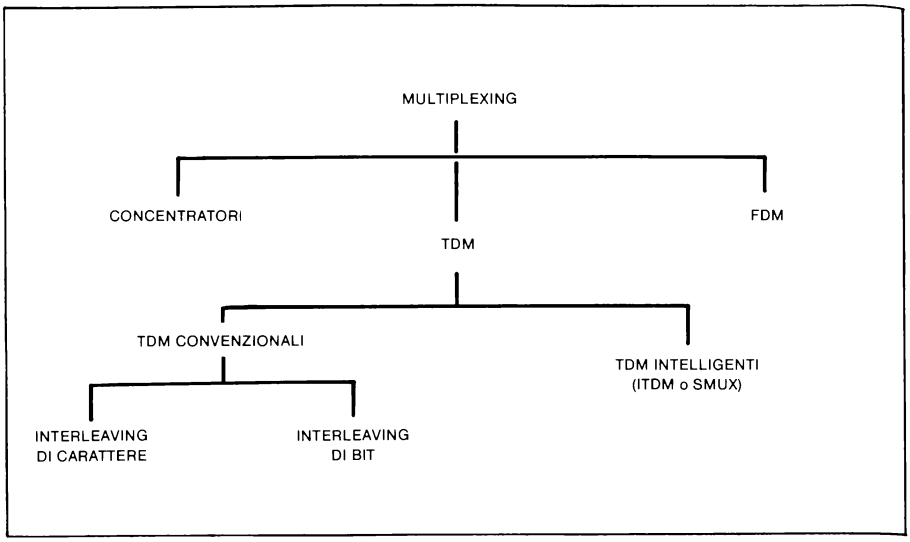


Tabella 6.1 — Tassonomia delle tecniche di multiplexing.

MULTIPLEXER A DIVISIONE DI FREQUENZA (FDM)

Le apparecchiature appartenenti a questa categoria suddividono la larghezza di banda a disposizione (nel caso telefonico i 3000 Hz gestibili su una linea) in un numero di «sottobande», ognuna delle quali è un vero e proprio canale autonomo di comunicazione, attraverso il quale è possibile una trasmissione dati tra due sistemi (fig. 6.2). In connessione con una linea telefonica, un multiplexer a divisione di frequenza, non potendo sfruttare appieno l'intera banda di frequenza (sono necessari dei gap tra sottobanda e sottobanda), consente di ottenere un throughput complessivo tutto sommato piuttosto limitato e, tipicamente, inferiore ai 2000 bit/s.

Più in particolare, si può dire che queste apparecchiature mettono tipicamente a disposizione, su una linea telefonica, 24 linee da 50/75 bit/s oppure 12 linee da 100-150 bit/s oppure 6 linee da 200/300 bit/s oppure, infine, 2-3 linee da 600 bit/s.

Date queste caratteristiche, appare chiaro che i multiplexer a divisione di frequenza sono abbastanza poco adatti alle moderne applicazioni EDP del tipo computer-to-computer. Sono stati, viceversa, piuttosto adatti ad applicazioni terminale-computer, in cui l'intrinseca lentezza delle operazioni di «battitura» sulla tastiera del terminale non si scontrava con la limitata velocità di ogni sottocanale. Nel caso in cui da più terminali vengono svolte operazioni di interazione lenta con un sistema centrale, la possibilità di convogliare su un'unica linea tutti i flussi può comunque essere piuttosto attraente in termini economici. Questo anche perchè i multiplexer a

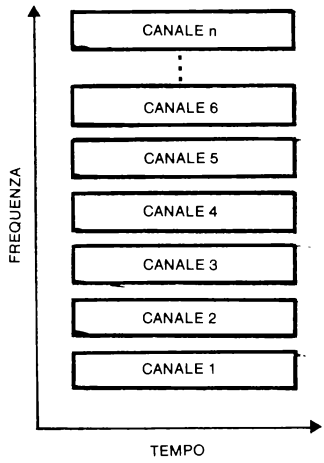


Figura 6.2 — I multiplexer a divisione di frequenza ricavano più sottobande parallele dalla banda globale.

divisione di frequenza svolgono al proprio interno anche le funzioni di modulazione e demodulazione e pertanto non richiedono l'ulteriore presenza (e relativo costo) dei modem.

Oltre a ciò, i multiplexer a divisione di frequenza offrono l'interessante possibilità di utilizzare la linea telefonica per le normali comunicazioni foniche ottenendo, contemporaneamente, anche uno o più canali per trasmissione dati a bassa velocità. Per raggiungere questo risultato basta assegnare una grande parte della banda al canale fonico, mantenendo una piccola parte di banda per ricavare una o più sottobande utilizzabili per la trasmissione dati a bassa velocità.

MULTIPLEXER A DIVISIONE DI TEMPO

Come mostra la Fig. 6.3 il principio elementare dei multiplexer a divisione di tempo è quello di utilizzare un solo «canale» ad alta capacità suddividendolo in «sottocanali» logici definiti in base al «tempo». Ad ogni sottocanale è associato un breve intervallo temporale durante il quale l'intero canale principale è a sua disposizione. A rotazione (o, come vedremo, con metodi statistici evoluti) ogni sottocanale può quindi trasmettere e ricevere i propri dati «contemporaneamente» (in termini di percezione umana, visto che gli intervalli sono generalmente molto brevi e pertanto impercettibili) agli altri sottocanali esistenti.

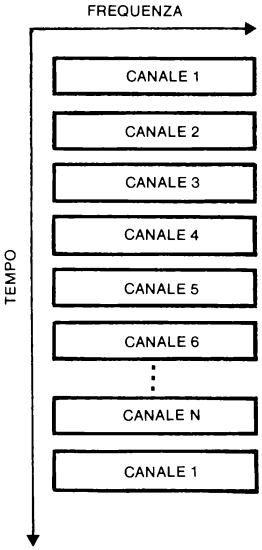


Figura 6.3 — I multiplexer a divisione di tempo utilizzano tutte le frequenze della banda suddividendone il canale in intervalli temporali assegnati ai vari sottocanali logici.

Il meccanismo di assegnazione degli intervalli di tempo, cioè della creazione (a monte della linea) di un'unica sequenza mista di dati provenienti da più terminali e (a valle) di ricostruzione dei singoli flussi indipendenti di dati, è generalmente basato su una tecnica di «interleaving».

Attualmente si può dire che vengono utilizzati essenzialmente due modelli di interleaving chiamati «character interleaving» e «bit interleaving».

Nel primo caso, il canale ad alta velocità trasmette, in sequenza, un carattere per ogni sottocanale (terminale). Ciò significa che ad ogni sottocanale è concesso, a rotazione, un intervallo di tempo sufficiente a trasmettere un byte. I multiplexer a divisione di tempo basati su questo approccio sono generalmente utilizzati congiuntamente a sottocanali di tipo asincrono, per i quali la trasmissione «carattere-per-carattere» è particolarmente adatta. In questo caso il multiplexer trasmittente elimina i bit di start e di stop associati ad ogni carattere in trasmissione asincrona ed invia solamente i bit effettivamente relativi ai dati. Al lato opposto della linea, il multiplexer ricevente, oltre a «smistare» opportunamente i caratteri tra i vari sottocanali, aggiunge a ciascun carattere i bit di start e di stop tipici del protocollo utilizzato, restituendo ai terminali o ai computer periferici un flusso di dati di nuovo formattati propriamente.

Evidentemente, non trasmettendo i bit di start e di stop, si ottiene un significativo

miglioramento in termini di capacità di trasmissione, il che ha portato ad una buona diffusione di questo approccio congiuntamente a terminali asincroni.

Nel caso di comunicazione tra terminali o sistemi tramite protocolli di tipo sincrono (nei quali, come abbiamo visto, i dati non sono più inviati carattere per carattere, ma blocco per blocco), non esistendo per ogni carattere i bit di start e di stop, la capacità di «compressione» precedentemente esposta non è praticabile. Poichè il raggruppamento di bit a livello di carattere e la trasmissione di un carattere alla volta non offrono alcun vantaggio, nel caso di protocolli sincroni viene utilizzato un sistema di interleaving non già basato sul byte quanto piuttosto sul singolo bit.

I multiplexer a divisione di tempo basati sulla tecnica del "bit interleaving" assegnano pertanto ad ogni sottocanale un intervallo di tempo sufficiente a trasmettere un solo bit. A rotazione ogni sottocanale trasmette un bit e attende, per trasmettere il successivo, che il multiplexer gli assegni un nuovo intervallo di tempo, il che, con un classico meccanismo di rotazione, avviene in maniera regolare e costante.

In termini di efficienza il sistema del "bit interleaving" è superiore a quello del "character interleaving". Infatti, anche se, come abbiamo visto, i multiplexer basati su quest'ultimo approccio effettuano una "compressione automatica" eliminando i classici bit di start e di stop, nondimeno essi necessitano pur sempre di un discreto insieme di bit di controllo, che appesantiscono la trasmissione. In termini numerici si può approssimativamente dire che, per le due tecniche di multiplexing a divisione di tempo esaminate, valgono le seguenti formule:

$$n = 0{,}98 \frac{S}{cx9} - 1 \quad \text{(character multiplexer)}$$

$$n = 0{,}98 \frac{S}{r} \quad \text{(bit multiplexer)}$$

dove:

s = velocità di trasmissione in bit/s della linea ad alta velocità (canale primario);

c = velocità di trasmissione in byte/s dei terminali o sistemi interfacciati al multiplexer;

r = velocità di trasmissione in bit/s dei terminali o sistemi interfacciati al multiplexer.

Sia che si basi su un approccio "character interleaving" che su un approccio "bit interleaving", un multiplexer a divisione di tempo è costituito da una serie di elementi funzionali di base, evidenziati dalla figura 6.4.

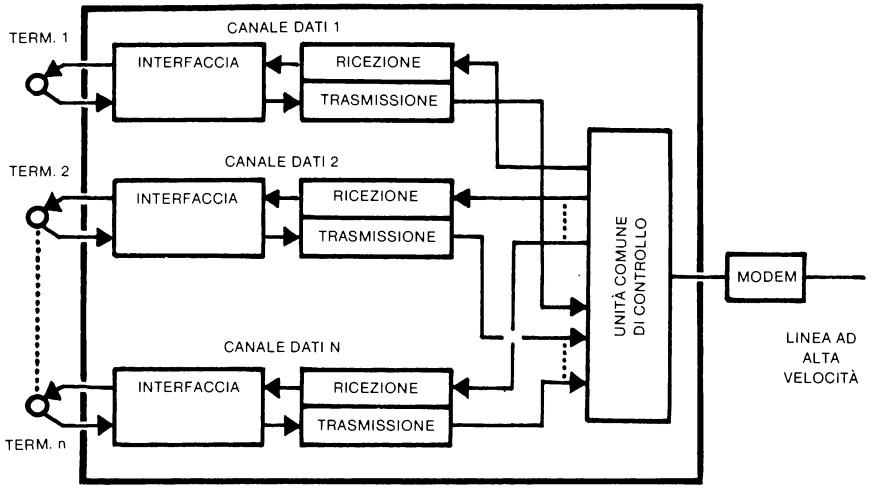


Figura 6.4 — Schema di principio di un multiplexer statistico. Alcuni modelli incorporano il modem all'interno del multiplexer stesso.

A sinistra si notano le "porte" bidirezionali di comunicazione con i terminali o i sistemi i cui flussi di dati devono essere "convogliati" sull'unica linea ad alta velocità di cui si dispone. Generalmente queste "porte" sono costituite da interfacce seriali RS232 o Current Loop 20mA.

Ad ogni "porta" o ad un gruppo di porte è dedicata una "schèda", la cui elettronica è in grado di gestire la comunicazione bidirezionale a bassa velocità tra il multiplexer ed il terminale o sistema ad esso connesso.

Tutte le schede di interfaccia interagiscono con una unità centrale di controllo la quale gestisce l'assegnazione degli intervalli di tempo di trasmissione ad ogni terminale. Questa unità è, in sintesi, il vero "cuore" del multiplexer, in quanto proprio ad essa sono affidate le operazioni di "interleaving" (in trasmissione) e di "smistamento" (in ricezione) dei dati.

L'unità di controllo è a sua volta collegata ad una unità di comunicazione, la quale si occupa di tutte le operazioni di interfaccia con la linea ad alta velocità. Questa unità di comunicazione generalmente comunica con un modem ad alta velocità, al quale sono delegate le funzioni di codifica e trasmissione sulla linea.

MULTIPLEXER STATISTICI

Le due formule riportate per definire il numero di terminali gestibili da un multiplexer a divisione di tempo in base alle caratteristiche della linea ad alta velocità e dei

terminali stessi mostrano chiaramente che esiste una relazione diretta tra capacità di trasmissione del canale principale e la capacità complessiva di tutti i sottocanali. In particolare emerge chiaramente che, al massimo, la somma delle capacità dei sottocanali può approssimare la capacità del canale principale, ma mai raggiungerla e tantomeno superarla.

Questo limite, a prima vista, sembra ovvio, ma, considerando alcuni elementi pratici, si scopre facilmente che non lo è poi tanto.

Consideriamo, ad esempio, il caso di una linea a 9600 bit/s utilizzata per terminali sincroni da 300 bit/s. Tramite la formula relativa a questo caso si ottiene che il numero massimo di terminali gestibili è di 31. Ciò significa che al multiplexer in questione l'utente in esame potrà collegare 31 terminali. In termini pratici, è però del tutto probabile che, in un determinato istante, solo una parte dei 31 terminali connessi sia effettivamente operativa. Se, ad esempio, si avessero 21 terminali attivi, è chiaro che il multiplexer a divisione di tempo "sprecherebbe" ben 10 intervalli ogni 31, con una perdita di efficienza delle comunicazioni pari a circa il 30%.

In pratica, con il sistema di interleaving, il multiplexer in esame alternerebbe continuamente la trasmissione di bit "utili" (relativi ai sottocanali operativi) a bit "inutili" relativi ai sottocanali "muti").

Questa prima considerazione porta immediatamente a concludere che, in termini pratici (scontando a priori l'esistenza, in un determinato istante, di terminali inattivi), è possibile concepire un multiplexer in grado di collegare un numero di terminali superiore rispetto a quello ottenibile dalle formule teoriche.

Nell'esempio descritto si potrebbe infatti pensare ad un multiplexer collegato non già a 31, quanto ad una quarantina di terminali, ed in grado di identificare i terminali operanti da quelli inattivi. In questo modo, il multiplexer potrebbe infatti concentrare la propria capacità solo sui flussi attivi, evitando di dedicare intervalli di tempo a terminali inoperosi.

Questo tipo di ragionamento ha portato diversi produttori a sviluppare dei tipi di multiplexer a divisione di tempo definiti "statistici" proprio perchè basano la propria operatività non già su vincoli teorici quanto sulla realtà statistica dell'applicazione.

Nella loro forma più semplice i multiplexer statistici si differenziano da quelli tradizionali essenzialmente per la capacità di riconoscere dinamicamente i terminali via via attivi e di suddividere solo tra questi la disponibilità della linea ad alta velocità.

FDM o TDM?

Un confronto diretto tra le due tecniche di multiplaggio sopra descritte porta indubbiamente a concludere che la tecnica TDM presenta vantaggi che è impossibile avere utilizzando la tecnica FDM (tabella 6.2).

TIPO / CARATTERISTICHE	FDM	TDM			CONCENTRATORI
		BIT INTERL.	CH. INTERL.	INTELLIG.	
— CAPACITÀ DEL CANALE	LIMITATA	BUONA	BUONA	OTTIMA	OTTIMA
— FLESSIBILITÀ	SCARSA	BUONA	BUONA	OTTIMA	OTTIMA
— AFFIDABILITÀ	BUONA	OTTIMA	OTTIMA	BUONA	DISCRETA
— COMPLESSITÀ	LIMITATA	LIMITATA	LIMITATA	LIMITATA	DISCRETA
— COSTO	BASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
— IMMUNITÀ AL RUMORE	SCARSA	BUONA	BUONA	BUONA	BUONA

Tabella 6.2 — Confronto tra le diverse tecniche di multiplexing.

L'inefficienza dell'FDM emerge innanzitutto dalle perdite di banda tramissiva utile costituite dagli intervalli di banda che bisogna lasciare tra un canale trasmissivo e l'adiacente allo scopo di evitare reciproche interferenze. Un secondo aspetto che porta a valutazioni negative rispetto alla tecnica TDM è la scarsa flessibilità nell'assegnazione dei canali derivante dal fatto che gli stessi sono prefissati in sede di costruzione e l'inserzione di un nuovo canale obbliga a ridefinire le frequenze centrali di tutti i restanti. Un ulteriore svantaggio infine è costituito dalla difficoltà di gestione di canali asincroni a causa dei problemi inerenti al mantenimento della temporizzazione dei clock.

Di converso la tecnica TDM, pur presentando le apparecchiature costi comparabili a quelle in tecnica FDM, offre una maggior capacità di canale ed una elevata flessibilità nell'adattare sia il numero che la velocità dei canali alle mutevoli esigenze di una applicazione di rete. Considerazione separata merita invece, in ambito TDM, il multiplaggio, o interleaving, realizzato a livello di bit o di carattere (figura 6.5). La differenza principale tra interleaving di bit o di carattere è data dalla dimensione del buffer interno utilizzato per la memorizzazione temporanea dei dati in transito ed il tempo di ritardo introdotto sul flusso stesso.

Nel caso di interleaving di bit è necessario bufferare un solo bit per ogni canale affluente e per l'uscita ad alta velocità ed il tempo di ritardo ha come unità di grandezza la durata stessa del bit. Per l'interleaving di carattere è invece necessario memorizzare temporaneamente un intero carattere provvedendo successivamente al suo invio sulla linea di uscita mentre il tempo di transito è in tal caso dell'ordine di grandezza del carattere o byte.

Pur essendo più costoso e richiedente tempi di transito maggiori l'interleaving di carattere offre vantaggi quando devono essere multiplati canali relativi a terminali asincroni od in start-stop.

In tal caso il carattere proveniente dal terminale prima di essere memorizzato viene 'spogliato' dei bit di frame (bit di start e di stop) e del bit di parità ed in tale formato viene trasmesso sulla linea ad alta velocità sincrona.

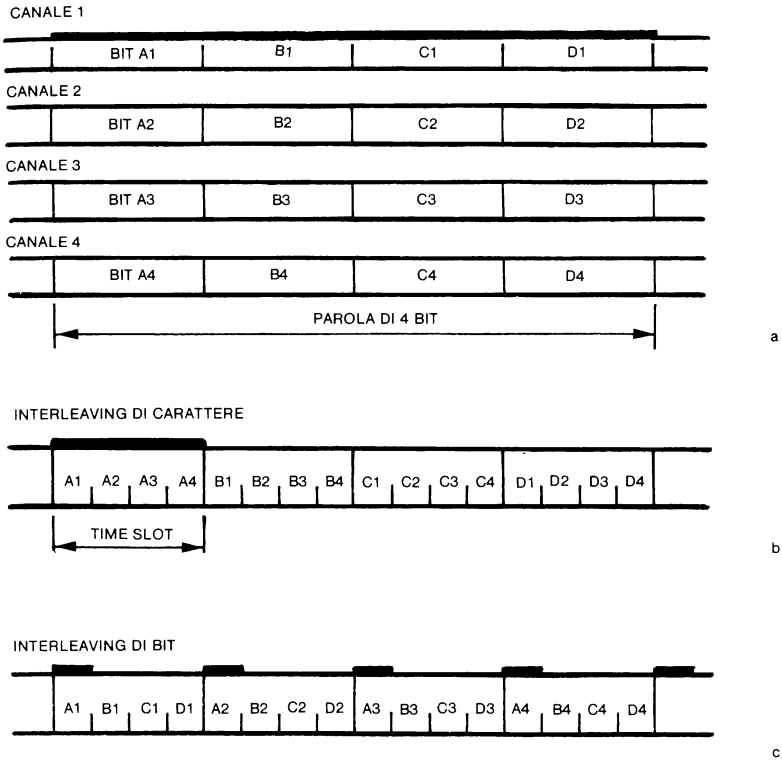


Figura 6.5 — Struttura di flusso dati in uscita da un concentratore operante con interleaving di carattere e di bit:
a — canali di ingresso
b — canale di uscita con interleaving di carattere
c — canale di uscita con interleaving di bit
le righe in grassetto indicano, in ingresso ed in uscita, come sono sequenzializzati i bit che formano il carattere.

Il vantaggio in bit/sec trasmessi in linea che se ne ottiene è evidente in quanto si elimina un trenta-quaranta per cento dei bit che formano un carattere asincrono aumentando grossomodo della stessa percentuale la capacità del canale trasmissivo.

L'interleaving di bit si rivela invece vantaggioso quando i terminali sono di tipo sincrono e tutti i bit trasmessi costituiscono informazione utile.

Un passo avanti rispetto al TDM con interleaving di carattere è costituito dai TDM statistici o multiplex statistici (SMUX) la cui caratteristica principale consiste nel permettere una velocità di canale inferiore alla somma delle velocità dei DTE affluenti alle sue porte di input.

Ciò viene ottenuto permettendo ad ogni canale di accedere a qualsiasi time-slot si renda disponibile.

Viene quindi a cadere il principio di assegnazione fissa tipico dell'FDM e TDM convenzionale e tale principio, come vedremo in seguito, sarà ripreso ed ampliato dai concentratori e dai PAD.

Nei TDM statistici i canali sono assegnati in funzione della effettiva attività dei terminali e viene quindi effettuata una sorta di contesa per l'accesso alle risorse trasmissive.

Da un approccio schematico, basato su un'assegnazione rigida (a rotazione) di intervalli di tempo, si passa così ad un approccio di accesso conflittuale e dinamico al canale comune. I vari terminali connessi in un determinato istante sono infatti gestiti con un meccanismo di «contesa» per gli intervalli di accesso alla linea di trasmissione ad alta velocità.

Immediata conseguenza di questo diverso approccio è la possibilità di collegare ad un multiplexer un numero di terminali anche sensibilmente superiore a quello corrispondente al limite teorico. Anzichè essere applicabile ai terminali connessi, il limite teorico diventa infatti applicabile ai terminali effettivamente operanti.

Con i multiplexer statistici è comunque chiaro che possono aversi dei problemi se non si è studiata accuratamente la propria installazione. È infatti evidente che, in situazioni particolari, un numero di terminali superiore a quello gestibile può divenire attivo e richiedere l'accesso alla linea di trasmissione. In questo caso, il multiplexer statistico, avendo una possibilità di output inferiore all'input aggregato, non potrà far altro che porre in stato di attesa gli ultimi terminali attivati o, comunque (nel caso di unità evolute), di creare delle «code» gestibili con vari criteri di ottimizzazione.

Un'ulteriore capacità di alcuni multiplexer statistici è quella di tener conto anche del non continuo utilizzo della linea da parte di terminali attivi, fenomeno normalissimo sia nei terminali asincroni (basti pensare al caso di un operatore che effettua del data entry manuale non intelligente) che in quelli sincroni (dopo aver trasmesso un (DC o control-Q) per abilitare l'XOFF (DC3 o control-S) per sospenderla.

Poichè la velocità con cui affluiscono i caratteri dai terminali può superare la velocità di linea uno SMUX dispone di un'area di memoria (generalmente con una capacità tra i dieci ed i venti Kbytes) per sopperire a periodi di traffico superiore alla media gestibile. La capacità, oltre che necessità, di bufferare per un certo tempo i dati originati dai DTE permette allo SMUX di effettuare la funzione di ARQ di test sui dati trasmessi procedendo al riinvio dei frame (trame) ricevuti dal destinatario in modo errato.

Il tasso di errore che ne consegue è estremamente basso e ciò contribuisce a semplificare o ad eliminare del tutto la necessità di implementare protocolli con complesse procedure di recupero degli errori sia presso l'host che presso i terminali.

Nonostante la capacità di memorizzare temporaneamente i messaggi inviati dai DTE i SMUX prevedono funzioni di controllo del flusso dati che permettono l'inibizione dell'emissione dei dati da parte dei terminali allorchè la memoria disponibile per

la temporanea bufferizzazione risulta prossima al riempimento.

Due sono i metodi generalmente utilizzati per controllare il flusso dati sospendendolo o riattivandolo in funzione della disponibilità di memoria fornita dal buffer.

Il primo, (denominato «IN BANDA»), si basa sull'invio di caratteri di abilitazione o disabilitazione della trasmissione da parte dello SMUX.

I caratteri utilizzati sono uno standard internazionale e sono precisamente l'XON (DC o control-Q) per abilitare e l'XOFF (DC3 o control-S) per sospenderla.

Un esempio dell'universalità assunta dai caratteri di XON e XOFF nella denominazione di CNT/Q e CNT/S si ha considerando che questi caratteri sono quelli che nei sistemi operativi CP/M e MP/M vengono utilizzati per sospendere o per riprendere una stampa in corso sul dispositivo di lista o sullo schermo del video.

Il terminale che riceve dallo SMUX il carattere XOFF sospende l'invio dei dati e lo riprende alla ricezione dell'XON.

Il secondo metodo (denominato «FUORI BANDA») utilizza invece uno dei circuiti dell'interfaccia DTE-DCE CCITT V. 24 (RS232C) e precisamente il circuito di CTS (pronto a trasmettere inviato dal modem al terminale per segnalargli la disponibilità a trasmettere).

Quando il riempimento del buffer che agisce da tampone tra il flusso dati di input ed il flusso di output supera un valore prefissato (es. il 95%) lo SMUX toglie ai terminali, o ad alcuni di essi che operano con priorità più bassa, il CTS inibendone così ogni ulteriore trasmissione. Svuotato il buffer sino ad un certo valore di soglia inferiore (es.50%) il CTS viene riattivato ed i terminali temporaneamente sospesi possono riprendere la sessione di trasmissione interrotta.

Compressione del codice

Un'ulteriore ottimizzazione nella velocità di tramissione si ha negli SMUX che utilizzano la compressione del codice.

Questo sistema permette la trasmissione della stessa quantità di informazione di uno SMUX convenzionale mediante un numero inferiore di bit e quindi con una velocità netta di linea inferiore.

La compressione del codice effettuata al fine di minimizzare i bit necessari per trasmettere un'informazione deriva dall'osservazione che i codici EBCDIC, ASCII, e tutti gli altri a lunghezza di parola fissa assegnano lo stesso peso, in numero di bit, a tutti i caratteri anche se questi appaiono con una frequenza estremamente diversa.

Sfortunatamente la probabilità con cui una lettera appare in un testo varia da linguaggio a linguaggio per cui uno SMUX che opera la compressione dei dati deve disporre di tabelle di conversione programmabili in modo da risultare ottimizzato relativamente alla specifica applicazione.

A prescindere dal linguaggio risulta evidente come in un testo composto principalmente da tabelle lo spazio ed i caratteri numerici e di tabulazione risultano molto più frequenti di caratteri alfabetici mentre il contrario si riscontra in un testo letterario.

Se il codice utilizzato in origine viene trasformato in un nuovo codice in cui ogni carattere ha lunghezza variabile in modo inversamente proporzionale alla probabilità con cui appare nel flusso dati trasmesso ne risulta che globalmente verranno trasmesse meno unità elementari d'informazione.

Ovviamente il fatto che i caratteri trasmessi sono di lunghezza variabile fa sorgere il problema di come individuare un carattere da quello che lo segue nel flusso dati.

Un metodo sviluppato da Huffman (1952) permette di risolvere il problema della sincronizzazione e separazione dei caratteri a lunghezza variabile costruendo il nuovo codice mediante un algoritmo che permette di costruire una struttura ad albero binario i cui nodi, che rappresentano poi i caratteri, godono della proprietà di non essere il prefisso di nessun altro nodo.

Ogni carattere del nuovo codice corrisponde quindi ad un nodo, unico, raggiungibile mediante scelte binarie successive.

Ogni livello di scelta ulteriore porta ad un set di caratteri con un bit aggiuntivo.

Nel caso di cui esista un elevato tasso di ripetitività di alcuni particolari caratteri (basti pensare ai numeri in una applicazione gestionale codificata), è possibile ridurre il numero medio di bit corrispondenti ad un carattere a 4-5 bit. Nel caso di una media effettiva di 5 bit per carattere l'efficienza della trasmissione risulta migliorata di oltre il 30%, una percentuale che dimostra immediatamente l'attrattività di questa caratteristica all'interno di un multiplexer.

Multidrop e contention

Un metodo per aumentare l'utilizzazione della linea consiste nel collegare più MUX in configurazione multidrop analogamente a quanto viene fatto più diffusamente con i terminali.

Caratteristica essenziale di una configurazione siffatta è che tutte le locazioni geografiche connesse alla linea trasmettono verso l'host centrale.

Generalmente questa struttura permette il solo dialogo con l'elaboratore mentre non è possibile il collegamento reciproco tra i terminali affluenti a MUX diversi.

Un secondo metodo che permette di limitare i costi della rete consiste nel far funzionare i MUX ed i terminali connessi in un modo chiamato contention o contesa. In questo tipo di funzionamento il numero dei terminali che vengono collegati al MUX risulta superiore al numero dei canali effettivamente disponibili.

Un terminale che desidera accedere alla rete quando tutti i canali sono già assegnati non riuscirà ad effettuare la connessione e dovrà attendere sino a che un canale non diventa disponibile.

I notevoli risparmi che si ottengono hanno come contropartita il fatto che si deve attendere per poter accedere alla rete un tempo che cresce con il crescere del rapporto utenti - canali e con la durata media di una sessione di trasmissione.

FDM nelle reti locali (LAN)

Un certo rilancio della tecnica di multiplexing FDM si è avuta con l'apparizione delle reti locali operanti su cavo coassiale (coax) emerso come uno dei supporti trasmissivi che, con le fibre ottiche, sembrano destinati ad un brillante futuro per trasmissione dati su aree limitate o comunque non eccedenti qualche decina di chilometri. Attualmente le tecniche più diffuse nell'area delle reti locali sono quelle denominate 'banda base' (o baseband) e larga banda (broadband).

Il sistema broadband presenta alcuni vantaggi (che d'altro canto hanno una implicazione sui costi del sistema) in quanto è possibile suddividere una banda utile di alcune centinaia di megahertz in un numero elevato di canali indipendenti mediante appunto una multiplazione di tipo FDM. Su ogni canale poi è possibile operare la trasmissione con metodi di ottimizzazione della stessa che spaziano dal 'token passing' al CSMA/CD. Non esistono però dispositivi standard per l'accesso alle linee multiplate e questo limita l'utente nella sua libertà di scelta.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI NELLA SCELTA DI UN MUX

Per concludere questo capitolo dedicato ai MUX rimangono da elencare quelle che sono le caratteristiche principali a cui si deve porre attenzione in fase di scelta del modello da utilizzare.

Le caratteristiche sono suddivise in due parti, la prima si riferisce al lato a bassa velocità, quello cioè a cui sono connessi i terminali, il secondo al lato ad alta velocità e cioè la rete trasmissiva.

Lato a bassa velocità

Linee a bassa velocità

È generalmente il numero massimo di linee che il mux può supportare. Il numero massimo effettivo di linee collegabili è però funzione della velocità massima di linea relativa alla velocità aggregata delle linee affluenti.

Interfacce bassa velocità

Indica il tipo di connessione fisica utilizzata dai terminali o dagli host per interfacciarsi ai MUX. La più comune è l'RS 232 C.

Alcuni MUX prevedono anche la possibilità di connettersi mediante current-loop, interfaccia particolarmente diffusa soprattutto per le TTY. Nel caso di current-loop si deve porre attenzione al fatto che può essere previsto un livello di segnale di diverso valore (es: 12 o 50 volt). Un terzo tipo di interfacce prevedono la connessione diretta a livello TTL o a livello EIA.

Combinazioni possibili dei canali

Definisce le combinazioni permesse delle velocità dei terminali connessi e la massima velocità di linea.

Codice dei canali

Specifica i tipi di codice utilizzabili per accedere al MUX e le caratteristiche degli stessi. I casi più comuni sono i codici sincroni o asincroni. Per quest'ultimi si deve porre attenzione al numero dei bit di stop richiesti, alla presenza o meno della parità ed al tipo della stessa.

Lato ad alta velocità

Per il lato ad alta velocità valgono le stesse caratteristiche che per il lato a bassa velocità.

Una caratteristica specifica è la presenza o meno della possibilità di test che, se presente, evita la necessità di ricorrere alla utilizzazione di dispositivi separati per isolare e risolvere malfunzionamenti. La maggior parte dei MUX disponibili richiede comunque un accordo preventivo tra l'operatore locale e remoto.

In un numero più ridotto è possibile invece procedere con un loop-back di tipo automatico analogo a quanto avviene per i modem.

Quello dei test è un aspetto che deve essere considerato attentamente perchè da esso dipende la possibilità di risolvere malfunzionamenti in tempi ristretti riducendo il tempo di fuori servizio a quello richiesto per l'effettuazione dei test ed all'eventuale sostituzione della parte rivelatasi giusta.

CONCLUSIONI

Con il termine di multiplexing si intende l'utilizzo di un unico dispositivo come mezzo atto a gestire simultaneamente più canali indipendenti di comunicazione. Un dispositivo che realizza queste funzioni viene utilizzato per inviare i dati provenienti da più canali a bassa velocità su un canale (ed in alcuni casi due) ad alta velocità.

Un ulteriore aspetto è il fatto che sono i multiplexer statistici realizzati con la tecnica costruttiva TDM a rappresentare, attualmente, la punta avanzata tecnologica e prestazionale, permettendo la suddivisione dinamica di una linea telefonica tra più flussi dati, ognuno dei quali rappresentante il traffico esistente tra terminali o computer variamente interconnessi.

La tecnica di multiplexing statistico permette, inoltre, oltre ad una diminuzione dei costi di gestione, un aumento significativo della integrità dei dati trasferiti attraverso la rete dati.

Sul mercato è ora presente un ampio numero di multiplexer: in linea di massima abbastanza semplici da utilizzare, anche se non tutti presentano quelle caratteristiche di flessibilità richieste dagli standard inerenti alla trasmissione dati.

L'ultima generazione di multiplexer implementa generalmente funzioni che permettono la gestione del dispositivo di concentrazione da un centro di controllo remoto, due canali ad alta velocità, canali multiplati in modo statistico, e questo solo per citare le caratteristiche più comuni, che non trovano riscontro nelle generazioni precedenti.

Nella scelta di un multiplexer statistico, oltre ai parametri di tipo generale già visti

deve essere presa in considerazione anche la necessità che una rete dati ha di evolversi e che può essere tanto meglio soddisfatta quanto maggiore è il numero dei parametri di configurazione che possono essere modificati e quanto più semplice questa operazione risulta, sia se fatta localmente che tramite un centro di controllo remoto. La Tabella 6.3 elenca i parametri che dovrebbero essere programmabili su base di singolo canale.

Velocità	Riconoscimento automatico della velocità e della parità
Parità	
Numero dei bit di stop	Autodiagnosi
Controllo flusso dati locale o remoto	Controllo locale e/o remoto
Funzionamento come DTE o come DCE	Bilanciamento del traffico (canali ad alte velocità)
Tipo di controllo del flusso dati	Instradamento alternativo (canali ad alta velocità)
Funzionamento sincrono o asincrono	Bypass del traffico (configurazione multidrop)
Memorizzazione temporanea dei dati	Interfaccia V.24 o current loop
Segnalazione di overflow	Caricamento della configurazione da linea
Echo dei caratteri	

Tabella 6.3 — Parametri programmabili individualmente per un singolo o per un gruppo di canali.

Non in tutti i multiplexer disponibili sul mercato i parametri illustrati trovano riscontro o è possibile la loro indipendente programmazione canale per canale, anche se non in tutte le configurazioni di rete questa rigidità è sentita come una limitazione.

Va inoltre considerato che ad una maggior flessibilità corrisponde sempre, a parità di generazione della componentistica utilizzata, un costo di acquisto superiore.

Tra i parametri elencati in Tabella, va assumendo una certa importanza la possibilità di caricare la configurazione di una porta relativa ai canali di ingresso o di uscita mediante la tecnica di down-line loading, consistente nel preparare la configurazione presso un dispositivo di controllo e manutenzione centralizzato e trasmettendo

poi via linea i dati relativi al multiplexer interessato specificando il numero del canale a cui i dati di configurazione si riferiscono.

Anche la disponibilità di più di una linea ad alta velocità permette di realizzare reti con una elevata flessibilità ad un alto grado di affidabilità. (fig. 6.6.)

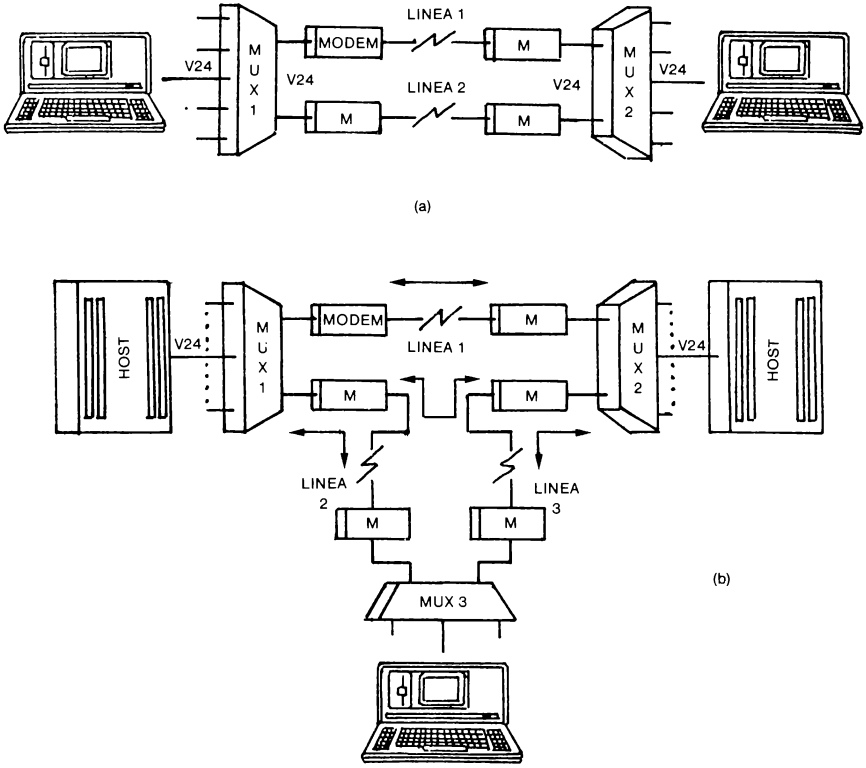


Figura 6.6 — Multiplexer con due canali di uscita ad alta velocità:
a — collegamento mediante due linee con bilanciamento automatico del carico trasmissivo
b — instradamento alternativo in caso di guasto su una linea di giunzione.

la disponibilità di due canali di uscita permette, infatti, di effettuare funzioni di recovery automatico nel caso in cui una linea si interrompa, di realizzare il bilanciamento del traffico o di effettuare il bypass di un multiplexer.

Quest'ultima funzione, in particolare, rende possibile la connessione logica di una

parte dei canali logici di uscita ad un multiplexer, mentre i restanti vengono ruotati e reinstradati verso una terza stazione.

La figura mostra due configurazioni di rete con bilanciamento del traffico (a) ed instradamento alternativo (b).

Il bilanciamento del traffico permette, nel caso in cui la velocità di linea sia critica, di trasmettere i dati con velocità individuale di linea inferiore e velocità aggregata costante.

Con l'instradamento alternativo è possibile connettere tre multiplexer in una configurazione in cui una porta di supervisione controlla il routing dei canali concentrati.

CAPITOLO 7

CONCENTRATORI

La necessità di ricorrere a concentratori è sorta quando oltre a funzioni di multiplexaggio si sono dovuti risolvere anche problemi di contese e si è reso necessario attuare funzioni di conversioni di protocollo richiedenti una capacità elaborativa non riscontrabile nei MUX FDM o TDM.

Il concentratore è in tal caso un vero e proprio minicomputer e più che ad uno SMUX assomiglia ad un Front-end processor o ad un nodo di commutazione. Negli ultimi anni inoltre lo sviluppo di reti dati a commutazione di pacchetto ha fatto rapidamente evolvere i concentratori in una versione adatta anche per interfacciare terminali sincroni od asincroni a reti dati operanti a pacchetto.

Poichè è prevedibile che nel medio termine la maggior parte dei concentratori disponibili sul mercato siano di tale tipo, e ciò tanto più velocemente quanto più diffuse diverranno le reti a pacchetto pubbliche o private, il conoscere le funzioni che differenziano e qualificano i dispositivi esistenti può voler dire realizzare una rete dati con un buon livello di flessibilità invece di una topologicamente invariabile. Questo capitolo ha come scopo fondamentale proprio quello di fornire le informazioni necessarie atte a creare una rete dati, basata su concentratori, il più efficace e versatile possibile.

LA CONNESSIONE DI TERMINALI AD HOST

Elaboratori di medie-grandi capacità che supportano terminali locali o remoti di tipo asincrono inglobano un hardware di interfaccia ed un programma di gestione (chiamato usualmente line handler) la cui funzione è di trasferire i dati provenienti dalla linea in un buffer del processo applicativo e viceversa.

La connessione di terminali interattivi con l'elaboratore può essere realizzata in diversi modi a secondo della topologia di rete utilizzata come mezzo (trasparente) di connessione.

Sostanzialmente si hanno le seguenti quattro classi. (fig. 7.1)

a — connessione mediante linea commutata

b — connessione mediante linea diretta

c — connessione mediante concentratore con funzione inversa realizzata, presso l'host, mediante software

d — connessione mediante concentratore con funzione inversa realizzata, presso l'host, ad hardware.

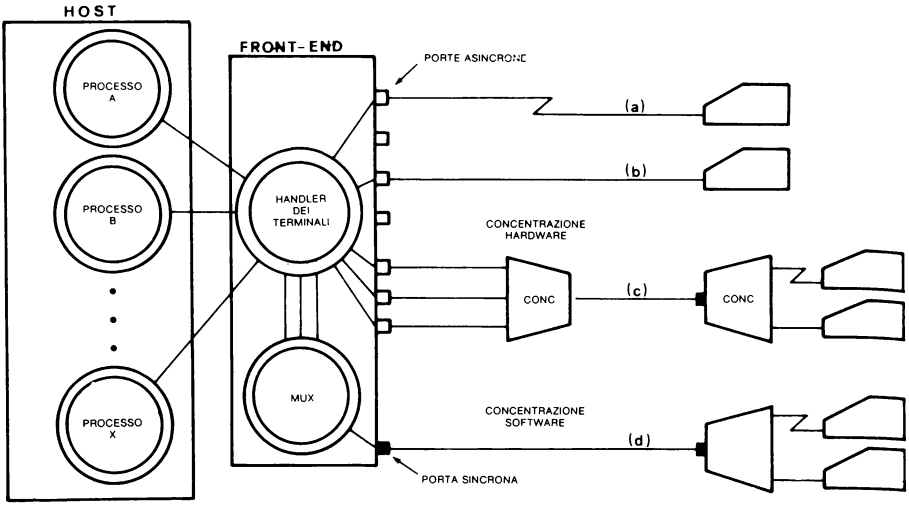


Figura 7.1 — Connessione di un terminale ad un elaboratore mediante concentratori fisici o logici.

È evidente che le porte che gestiscono i canali asincroni presso l'host o l'eventuale unità di front-end devono essere predisposte per supportare il tipo di codice e la velocità del terminale abbinata al canale anche se, per quest'ultimo, stà assumendo diffusione universale la capacità di rivelare ed adeguarsi automaticamente alla velocità del terminale almeno per le velocità medio-basse comprese da 300 a 1200 bit-sec.

Il processo di line-handler gestisce, tra le altre, le seguenti funzioni:

a — monitoraggio dello stato della linea allo scopo di rivelare la transazione nello stato di on-line di un terminale od il cadere di un collegamento.

b — rivelazione di caratteri particolari (esc., break, ecc...)

c — eco per i terminali in full-duplex.

L'insieme di queste ed altre funzioni inerenti l'interfacciamento di terminali ad una rete è svolto da unità PAD (nome con cui sono chiamati questi tipi di concentratori) la cui funzione è di parlare da un lato con il (i terminali se viene effettuata anche la funzione di concentrazione) terminale nel suo linguaggio nativo e dall'altro di dialogare con la rete a cui è connesso. In tal modo un elaboratore che, tramite il PAD, si deve collegare con uno o più terminali non deve preoccuparsi della velocità di quest'ultimo o delle procedure mediante le quali lo stesso si collega alla rete.

Tipi di PAD

Originariamente i PAD hanno avuto l'unica funzione di permettere l'interfacciamento verso reti a commutazione di pacchetto (RCP) di terminali di tipo start-stop nel cui ambito la gestione di terminali con caratteristiche diverse è attuata mediante appositi profili, mantenuti dal PAD, che descrivono le caratteristiche del terminale che gli è connesso.

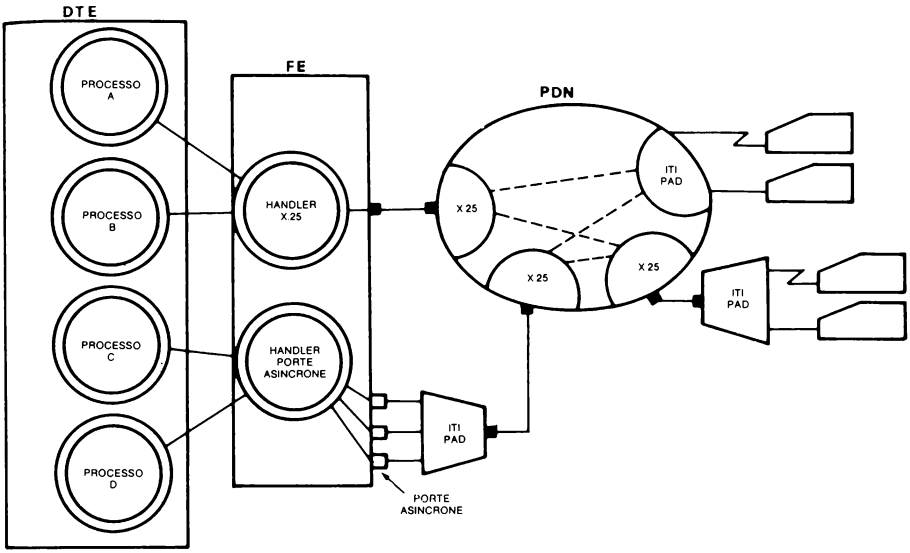


Figura 7.2 — Connessione di terminali ad un elaboratore mediante reti dati a commutazione di pacchetto.

Ultimamente sono diventati disponibili dispositivi che effettuano la funzione di PAD oltre che per teminali asincroni anche per terminali sincroni operanti con caratteristiche e per funzioni diverse come per esempio applicazioni di tipo batch o file transfer.

In tale orientamento i protocolli che per primi hanno trovato realizzazione e costituenti il livello quattro di una rete a pacchetto sono: il BSC HASP, il 2780, il 3780, ed il 3270.

Pionieri nel rendere disponibili all'utenza concentratori X.25 con funzioni di PAD sincrono dei tipi specificati, che è da notare non costituiscono per il momento standard CCITT anche se hanno posto una seria ipoteca su quelli che lo diverranno, sono la Tymnet, la Bell Canadà e la GTE-Telenet.

Bell Canadà e GTE-Telenet hanno definito congiuntamente le caratteristiche di un Pad sincrono indicato con la sigla BPAD i cui punti essenziali sono:

1 – capacità di supportare dispositivi BSC-2 operanti a blocchi come ad esempio l'Hasp multileaving, il 2780 ed il 3780 o loro emulatori.

2 – definisce i metodi di connessione e le procedure di recupero degli errori danti del BSC, come ad esempio i comandi di polling e di selecting, non siano passati alla rete ma gestiti localmente.

3 – definizione delle procedure del BPAD per ciò che riguarda l'emulazione, il recupero degli errori, ecc...

4 – definizione del modo di connessione ed il linguaggio dei comandi per l'avvio della sessione.

Tymnet, Bell Canada e GTE-Telenet hanno invece definito un Pad 3270 chiamato 3270 DSP (3270 Display System Protocol) che oltre alle funzioni 2 e 3 del BPAD copre i seguenti aspetti:

1 – fornisce supporto per dispositivi operanti con protocollo BSC 3270

2 – definisce i metodi di connessione e le procedure di recupero gegli errori

2 – permette ad ogni dispositivo 3270 di realizzare una sessione indipendente attraverso la rete.

Dopo il lavoro pioneristico compiuto dalle case sovracitate numerosi altri fornitori di apparati per reti dati hanno presentato loro dispositivi.

Tutti questi apparati hanno la caratteristica di poter essere utilizzati sia per collegare grappoli (cluster) di terminali ad una RCP con una sola linea oppure di poter essere collegati in configurazione back-to-back ed utilizzati come concentratori intelligenti punto a punto. Il fatto di operare a livello di linea in conformità con quanto stabilito dalla normativa CCITT X.25 permette di poter avere su una singola linea sino a 4096 circuiti virtuali anche se generalmente questo limite teorico non trova reale riscontro pratico.

Quello che ci si può aspettare per l'immediato futuro è che altri tipi di PAD siano resi disponibili per funzioni come:

– dispositivi per trasmissione in facsimile in X.25

- dispositivi teletex per trasmissione di documenti
- PAD SDLC per supportare terminali operanti con protocollo SDLC in grado di connettere reti SNA IBM a reti a pacchetto pubbliche o private
- PAD HDLC
- PAD per la pacchettizzazione della voce.

FUNZIONI DI CONCENTRAZIONE

I concentratori dell'ultima generazione coprono, come accennato, la quasi globalità della tassonomia esistente nel settore dei protocolli che abbiano assunto a livello internazionale una standardizzazione di fatto.

Un concentratore in grado di supportare DTE sincroni od asincroni ed il cui canale di link verso il concentratore remoto o verso una rete dati sia conforme allo standard internazionale CCITT X.25 permette di realizzare una sessione dati tra una qualsiasi delle porte di ingresso con una delle porte di acceso al concentratore remoto corrispondente, ovviamente se le caratteristiche dei dispositivi sono compatibili, ed inoltre di raggruppare più porte di accesso in un unico insieme indicato generalmente con il nome di server. Un terminale che accede al server si vedrà assegnata la prima delle porte del gruppo, aventi caratteristiche funzionali ed applicative analoghe, che risulti in quel momento libera.

Le caratteristiche operative dei dispositivi di concentrazione che realizzano funzioni di PAD (assemblaggio e disassemblaggio di pacchetti), realizzando cioè una conversione dal protocollo nativo di un terminale nel protocollo di linea X25, attualmente disponibili presentano una notevole variabilità sia come aggregazione possibile dei terminali supportati che per le funzioni di conversione dei protocolli gestiti. Si passa infatti da concentratori X25 a cui è possibile connettere un solo tipo di terminale, ad es. asincrono, a concentratori in grado di gestire sia terminali sincroni che asincroni, quest'ultimi eventualmente suddivisi in famiglie diverse di protocolli. Alcuni concentratori poi emulano reti di notevoli dimensioni, come ad esempio l'IBM 3270, in modo del tutto simile ai prodotti emulati, con la possibilità in tal caso di gestire su una linea di accesso al concentratore sino a 32 cluster ognuno con un massimo di 32 dispositivi, sia con protocollo BSC 3 che SDLC; altri invece si limitano a configurazioni più ridotte o ad esempio supportano solamente un protocollo di linea di tipo BSC e non possono essere inseriti in reti SNA operanti in SDLC. Se ne deduce che solamente una analisi approfondita ed una corretta valutazione delle necessità di evoluzione della rete in via di realizzazione permettono di adeguare la scelta del concentratore da utilizzare alle proprie esigenze.

In seguito sono esposte le caratteristiche funzionali ed operative inerenti al supporto di terminali od elaboratori (indicati con il nome di Host) operanti con protocolli di tipo asincrono (start-stop) ed alle famiglie BSC 1, BSC 2 e BSC 3 che, a causa della loro diffusione, coprono la quasi totalità delle esigenze di rete.

CONCENTRATORI PER TERMINALI A BLOCCHI

I concentratori per terminali a blocchi (CTB) forniscono un meccanismo di controllo che, utilizzando una linea X.25 permette il trasferimento di dati dal terminale all'host o ad un altro terminale utilizzando un numero estremamente limitato di informazioni (caratteri) di controllo sia nel blocco dati che nello stesso pacchetto X.25.

I CTB sono progettati usualmente con l'intento di rimanere il più trasparenti possibile al DTE ed in genere non sono richieste modifiche hardware o software alle apparecchiature d'utente.

Sia che i concentratori a cui sono connessi i terminali e gli host siano collegati in configurazione diretta, indicata generalmente con il nome Back-to-Back, o mediante l'interposizione di una rete dati a commutazione di pacchetto il concentratore locale al terminale od all'host è responsabile della maggior parte delle funzioni di controllo del protocollo nativo di trasmissione, e cioè della integrità dei dati, del controllo del flusso e del recupero degli errori. I controlli di ridondanza (parità longitudinale, trasversale o CRC) lo scadere delle temporizzazioni di controllo o funzioni connesse alla sessione tramissiva sono gestiti localmente e l'estremità remota della chiamata non è conscia di questi eventi.

Se il concentratore si trova in una condizione di errore irrecuperabile, il concentratore corrispondente ne viene notificato e la chiamata ripristinata ad uno stato noto, se possibile, od abbattuta.

CONCENTRATORI PER EMULAZIONE 3270

Un ambiente IBM 3270 è costituito da un sistema di cui fanno parte diversi componenti collegabili in una struttura gerarchica ben definita. Inoltre tutte le elaborazioni vengono fatte nell'host a cui la rete di terminali é connessa mediante linee private, con protocollo BSC3 o SDLC.

I componenti che costituiscono la rete sono:

Host: è l'unità su cui risiedono i programmi applicativi ed è ad esso che fanno capo tutte le sessioni di lavoro dei terminali di rete.

Front-End: Connesso tra l'host e la rete è l'unità che gestisce le funzioni di comunicazioni sgravando l'host del corrispondente carico di lavoro. La funzione di front-end viene realizzata mediante opportuni e specifici packages applicativi.

Control-Unit: sono le unità la cui funzione è di controllare lo svolgersi delle comunicazioni tra i terminali di utente ed il front-end. Ogni CU può gestire sino a 32 terminali o dispositivi (video, printer, ecc...) mentre su ogni linea di accesso al FE possono essere collegate in multidrop sino a 32 CU.

Dispositivi: sono stazioni video o stampanti per l'introduzione dei dati, la loro modifica o la stampa e costituiscono i punti nei quali l'utente interagisce, mediante la rete, con i programmi applicativi residenti sull'host.

La figura 7.3 riporta la struttura tipica di un collegamento 3270. Il protocollo di linea BSC è molto simile al 2780/3780 per linee multipunto (BSC 3). Le differenze si limitano ad una diversa lunghezza dei blocchi dati e ad altri aspetti similmente marginali.

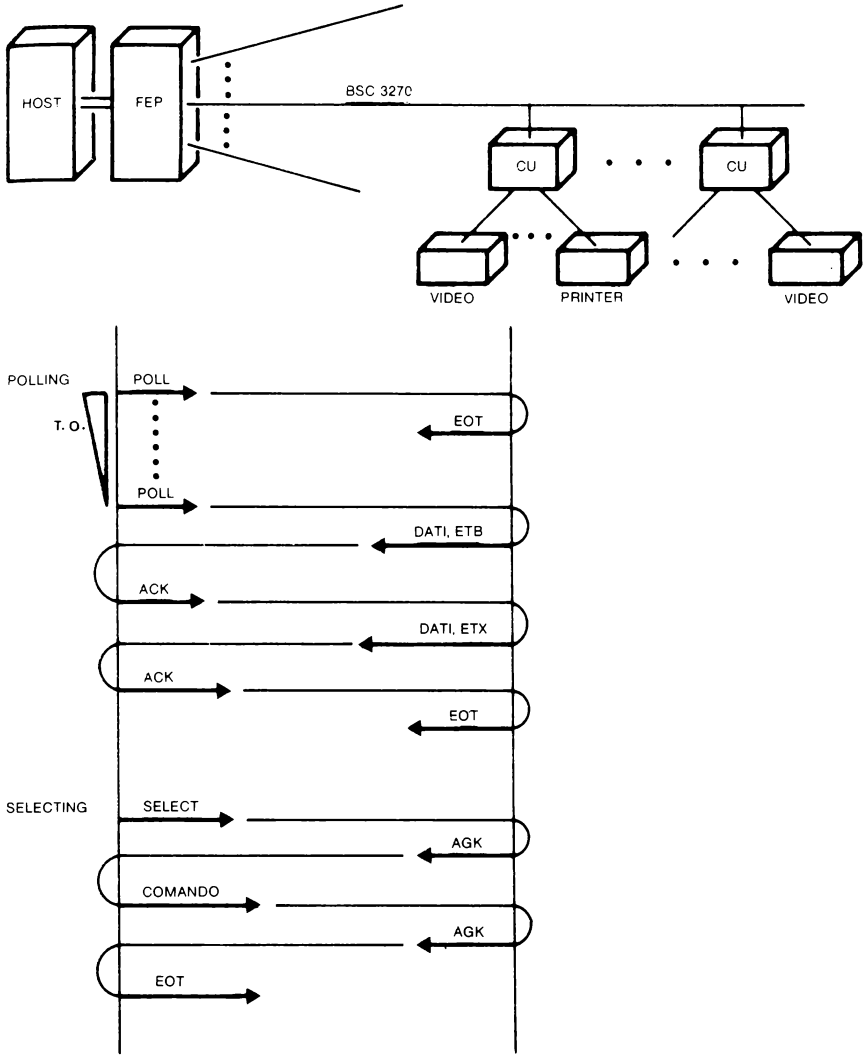


Figura 7.3 — Struttura tipica di una applicazione IBM 3270.

In ambiente multipunto la CU si può trovare, in ogni istante, in uno di tre possibili modi operativi e precisamente:

- control mode
- text mode
- trasparent mode

La gestione del link tra il FE e le CU avviene mediante sequenze di polling (invito a trasmettere) o di selecting (invito a ricevere) attivate dal FE e che avviano le sequenze di trasmissione tra l'host ed i dispositivi connessi alle control unit.

Sono le unità di controllo che bufferizzano i dati immessi dai terminali e li trasferiscono al FE quando lo stesso effettua una sequenza di polling delle CU. Quando il FE deve invece inviare dei dati ad un terminale esegue una fase di selecting della CU a cui il terminale è connesso e, dopo risposta di conferma dalla stessa, invia in linea la sequenza dei dati.

Emerge da quanto esposto come in un collegamento multidrop la linea che collega il FE alle CU debba supportare un traffico dati costituito da sequenze periodiche di polling e di selecting che interessano la linea anche quando la CU non ha dati da trasmettere o non desidera ricevere. La banda utile del canale di link tra FE e CU occupata improduttivamente aumenta poi con il numero di CU collegate in multidrop sulla linea stessa.

È proprio questo spreco di banda utile che i concentratori X.25 per la gestione di terminali 3270 riducono notevolmente, sia che l'host ed i terminali vengano collegati tramite una rete dati che mediante una configurazione di tipo back-to-back. (figura 7.4).

In entrambi i casi è necessario utilizzare due concentratori, uno lato host ed uno lato terminali.

Il concentratore che interfaccia l'host emula le risposte delle CU sia alle sequenze di polling che di selecting generate dall'host realizzando funzioni analoghe localmente all'host, a cui appare come i terminali effettivi.

Ne segue che vengono trasmessi verso il concentratore remoto i soli dati utili.
Il concentratore lato host pacchettizza quindi i dati effettivi e li invia al concentratore di destinazione mediante un link X.25 diretto mediante una virtual call.

Il concentratore lato terminale emula invece le sequenze di polling e di selecting che provengono dal FEP ed appare a tutti gli effetti ai terminali come l'host. Il concentratore lato terminale ha come funzione quella di stabilire il collegamento tra il terminale appartenente ad un particolare cluster con l'host indicato dall'utente e la pacchettizzazione dei dati per il loro inoltro in linea od in rete.

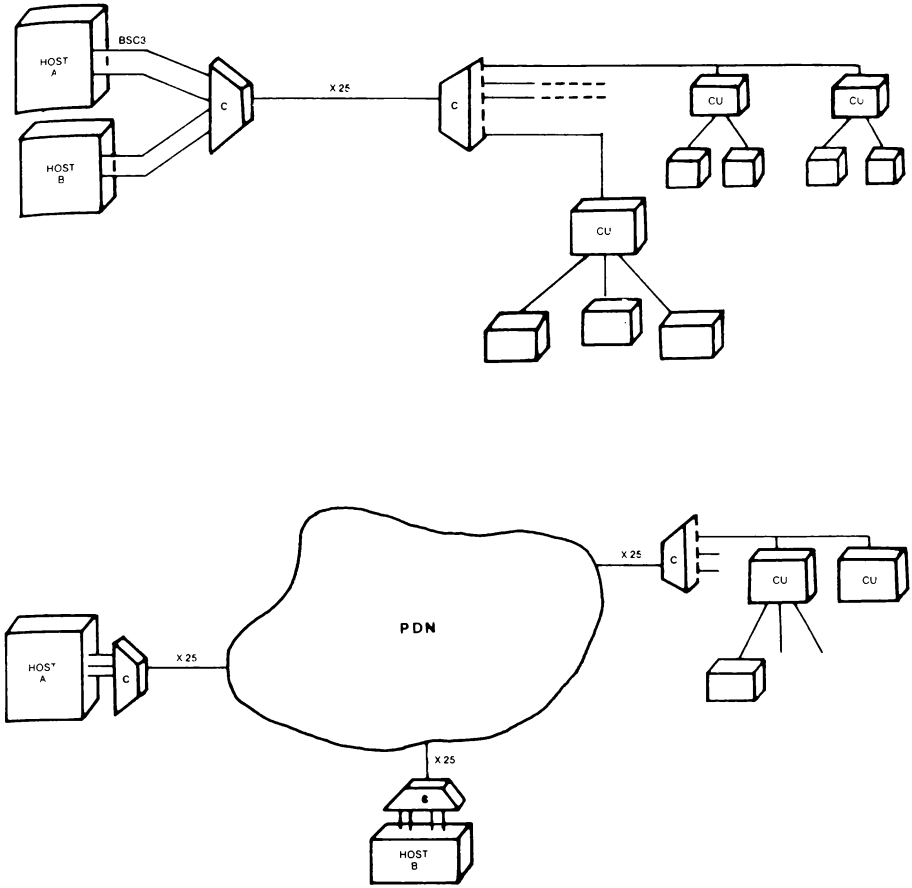


Figura 7.4 — Migrazione da una topologia di rete con connessione diretta tra concentratori ad una interconnessione mediante rete dati.

La figura 7.5 mette a confronto la differenza esistente tra una sequenza di selecting realizzata tra host ed un terminale 3270 su linea privata e quanto avviene interponendo un concentratore presso host e uno presso il terminale. È evidente la considerevole diminuzione del livello di occupazione della linea che collega l'area host all'area terminali. L'unico messaggio che realmente la impegna è l'effettivo comando, trasferito in linea mediante una trama X.25.

Condizione analoga si riscontra per le sequenze di polling (figura 7.6). Una considerazione a parte deve essere fatta per la velocità della linea. Mentre il traffico sulla linea di giunzione locale tra host e concentratore e tra concentratore e terminale è

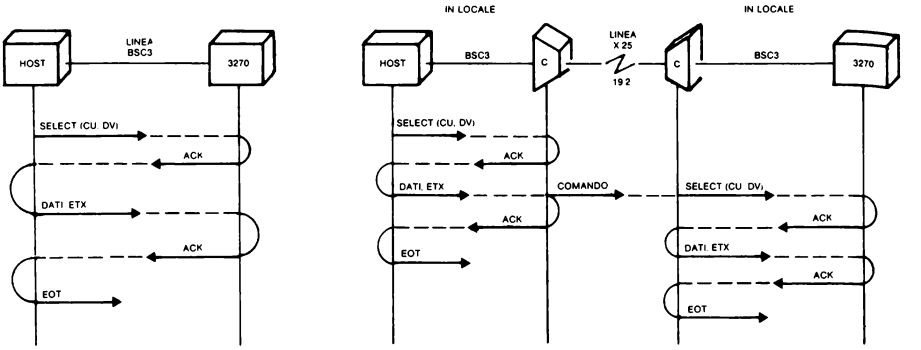


Figura 7.5 — Esempio di selecting.

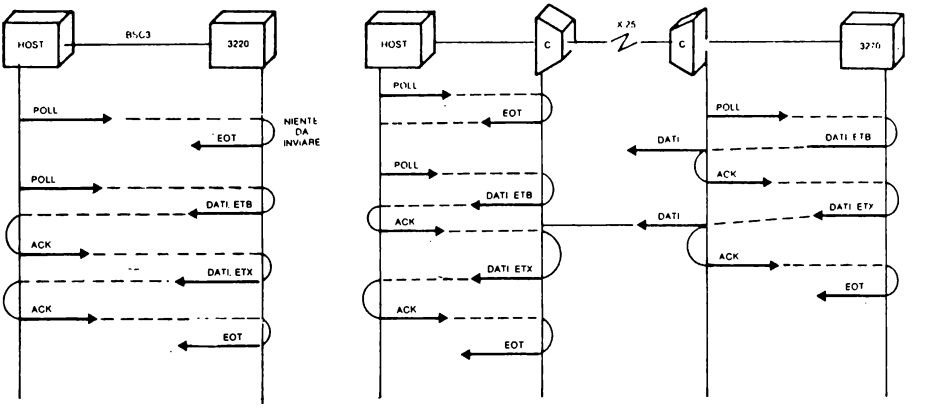


Figura 7.6 — Esempio di polling.

sostanzialmente il medesimo, la diminuzione del numero dei messaggi inviati da concentratore a concentratore sia per il polling che il selecting permette di operare ad una velocità di linea nettamente inferiore.

Ne consegue quindi che l'utilizzo di concentratori X.25 aventi funzione di PAD permette di utilizzare linee a più bassa velocità o di inviare, sulla linea utilizzata per

un singolo cluster, i dati relativi a più host ed a più cluster (figura 7.7). In entrambi i casi il risparmio in termine di linee richieste o l'incremento di terminali utilizzabili, risulta essere notevole. Anche i tempi di risposta possono ottenere un notevole beneficio da un polling e selecting eseguiti localmente all'host ed al terminale. Meno sentito nel caso di un link con protocollo 'bit oriented' un problema grave nel caso si utilizzi un protocollo tra host e terminale di tipo bisincrono è la diminuzione della velocità reale della linea. Quando host e terminale sono separati da notevole distanza, come ad esempio nel caso di link via satellite, il tempo di ritardo introdotto da una singola inversione della linea da trasmissione a ricezione richiede circa 500-600 millisecondi. Se a questo tempo si aggiungono i tempi di trasmissione si ottiene una velocità reale di trasferimento che può scendere, nel caso di un link a 4800 bps, sino ad un quarto di quella di linea.

L'utilizzo della linea X.25 per il solo trasporto dei dati permette di ottenere un rapporto tra velocità di linea e velocità aggregata delle linee di ingresso che varia da uno a due a uno a tre.

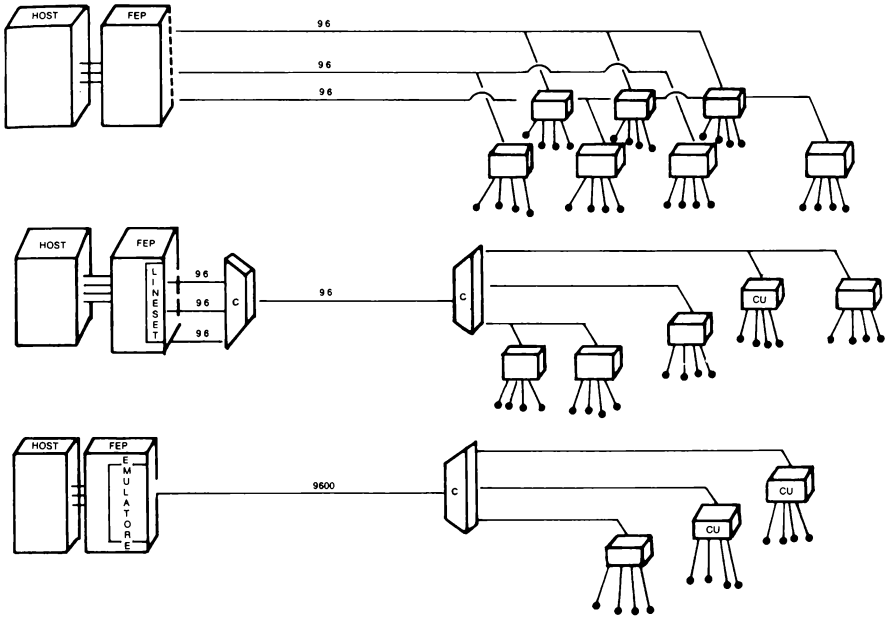


Figura 7.7 — Riduzione del numero delle linee necessarie come conseguenza diretta della mancata trasmissione dei messaggi di polling e di selecting.

Contropartita è un aumento dei tempi di risposta della rete nel suo complesso dovuto ai tempi di attraversamento dei due concentratori. Una ottimizzazione della rete ancora superiore può essere ottenuta quando per l'host o per il front-end sono disponibili packages di emulazione forniti o dal costruttore dell'host o dal fornitore del concentratore. In tal caso oltre alla riduzione delle linee si diminuiscono anche i line set (modem) ed il numero delle linee da FEP a concentratore locale.

L'unico aggravio è costituito dalla memoria occupata nell'host dai programmi di emulazione e dal tempo elaborativo richiesto alla CPU.

La figura 7 illustra gli step successivi delle varie configurazioni. La disponibilità di concentratori dell'ultima generazione influenza, oltre che le topologie di rete realizzabili, anche la versatilità delle sessioni di lavoro.

Esempio tipico può essere considerato il caso di un concentratore con PAD 3270 con il problema offerto dalla migrazione da un protocollo di linea di tipo BSC ad uno di tipo SDLC. Non grave se l'intero parco di terminali è di tipo IBM il problema assume consistenza se una notevole parte dei DTE sono di altre case, emulanti il 3270 IBM in ambiente SNA ma che supportano solamente, come sovente si riscontra, un link di tipo BSC. I concentratori in tal caso realizzano la conversione di protocollo permettendo di collegare cluster di terminali con link BSC a canali di accesso al FEP di tipo SDLC. Sul medesimo concentratore risiedono entrambi i packages di gestione per i canali BSC e SDLC con l'unica limitazione che per ogni linea le Control Unit devono ovviamente operare, a livello di link, con il medesimo protocollo. La necessità di suddividere i terminali su una linea o sull'altra a secondo del protocollo nativo non implica generalmente alcuna restrizione sulla topologia di rete implementabile ammesso che a livello di concentratore presso l'host o presso la CU sia possibile configurare la rete in modo logico e non con una biunivoca corrispondenza fisica. La figura 7.8 permette di chiarire meglio quanto detto.

L'host A gestisce un canale 3270 di tipo BSC mentre il B è relativo a CU di tipo SDLC. Il concentratore locale oltre a realizzare la virtualizzazione della rete vista dall'host provvede a presentare i messaggi agli host nel protocollo nativo SDLC o BSC indipendentemente dal tipo di protocollo della CU reale.

La inserzione di concentratori X.25 con funzione di PAD sincrono tra CU e dispositivi da una parte ed Host dall'altro rende possibili configurazioni la cui potenzialità è persino superiore all'adattamento di protocollo tra BSC e SDLC: diventa infatti possibile far corrispondere ad una configurazione fisica definita più di una configurazione logica.

In una rete convenzionale un dispositivo è connesso all'Host con una linea di comunicazione diretta. Quando tra host e terminale (o control unit) vengono inseriti dei concentratori il concentratore a cui è connesso l'host viene indicato con il nome di concentratore locale (all'host, considerato come punto di riferimento della rete su cui risiedono le applicazioni) mentre quello a cui sono connessi i terminali (CU e dispositivi vari) viene indicato con il nome di concentratore remoto (sempre rispetto all'host). Il concentratore locale (CL) emula le linee 3270 multidrop ed il software

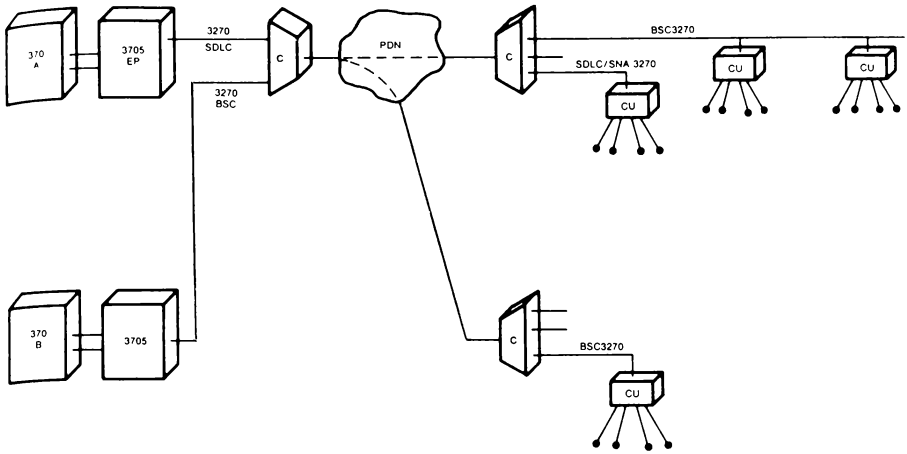


Figura 7.8 — Gestione di cluster 3270 di tipo BSC e SDLC mediante concentratori che esercitano la funzione di PAD per entrambi i protocolli.

residente esegue tutte le funzioni che servono per interfacciarsi all'host in modo del tutto simile a quello in cui si presenterebbero i dispositivi reali. Il CL è visto quindi dall'host come se fosse, a tutti gli effetti, l'insieme dei dispositivi fisici.

Questi dispositivi, così come rappresentati virtualmente dal software residente nel concentratore vengono chiamati dispositivi logici proprio per marcare il fatto che la loro non è altro che una proiezione della rete fatta dal software del concentratore (figura 7.9).

Il concentratore remoto (CR) contiene a sua volta tabelle di configurazione che descrivono la topologia e le caratteristiche funzionali dei dispositivi fisici collegati alle sue porte di ingresso.

L'associazione tra i dispositivi logici descritti dalle tabelle di configurazione del CL ed i dispositivi fisici descritti da analoghe tabelle contenute nel CR viene fatta in base al concetto di 'Server' in base al quale uno o più dispositivi logici vengono indirizzati con uno stesso identificatore. Supponiamo ad esempio di identificare con A tutti i dispositivi logici associati con una certa applicazione (es: TSO). Quando uno specifico utente richiede di essere connesso al Server A, al terminale fisico utilizzato verrà fatto corrispondere uno dei dispositivi logici facenti parte del Server indicato, ammesso ovviamente che ve ne siano di disponibili. Generalmente la modalità con cui un Server viene assegnato è di tipo fissa, specifica o non specifica.

Se un Server viene definito come fisso lo stesso potrà accettare chiamate solamente da un unico e ben preciso dispositivo fisico appartenente ad un cluster con-

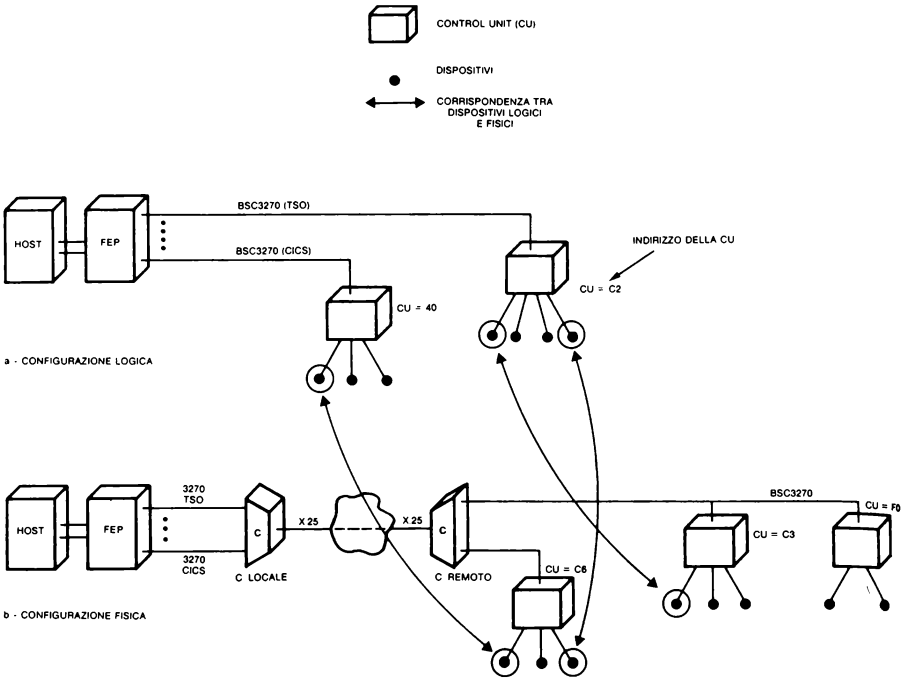


Figura 7.9 — Corrispondenze realizzabili tra configurazione logica e fisica mediante l'utilizzo di server non specifici.

nesso al CR, avente linea di accesso, indirizzo della CU e di dispositivo corrispondenti a quelli logici definiti per il CL.

In questo caso la configurazione dei dispositivi fisici del CR corrisponde esattamente ed in modo biunivoco, sia come numero di linee che per indirizzi di rete alla configurazione logica che, tramite le mappe residenti nel CL, viene vista dall'host. Quando l'host seleziona un dispositivo particolare mediante il suo indirizzo, si viene a stabilire una sessione di comunicazione con un dispositivo logico definito nel CL che corrisponde esattamente al dispositivo fisico connesso al CR con il quale l'host presuppone di dialogare.

Quando un Server viene definito come non specifico si ha il massimo della flessibilità per ciò che riguarda le corrispondenze realizzabili tra dispositivi fisici e logici in quanto diventa possibile associare ad un Server particolare (e cioè un gruppo di dispositivi logici) uno qualsiasi dei dispositivi fisici esistenti. Benchè in tal caso la configurazione definita per il CL debba corrispondere ovviamente a quella configurata

nell'host non è richiesta una associazione biunivoca tra gli indirizzi che individuano dispositivi logici e dispositivi fisici.

Nel caso infine un Server venga definito come specifico viene richiesta al momento del set-up della sessione il numero della linea logica dell'host, della CU e del dispositivo logico a cui il dispositivo fisico deve essere fatto corrispondere. Anche in tal caso non è quindi generalmente richiesta una corrispondenza tra dispositivi fisici e logici prestabiliti.

La scelta del tipo di Server in definitiva, e cioè delle associazioni tra dispositivi fisici e logici dipende da quelli che sono considerati gli aspetti più importanti durante la configurazione di una rete e delle sue applicazioni come per esempio:

- disponibilità di un dispositivo
- flessibilità desiderata dell'indirizzamento inteso come capacità di accedere a tutte le applicazioni o solamente ad un particolare sottoinsieme di esse
- sicurezza intesa come garanzia che a certe applicazioni possano accedere solo alcuni ben definiti dispositivi di rete.

È ovvio che un Server fisso è quello che offre le maggiori garanzie di sicurezza proprio perchè stabilisce una corrispondenza unica tre il dispositivo logico ed il fisico impedendo così l'accesso ad una applicazione da parte di terminali non autorizzati; d'altro canto però nel caso il dispositivo fisico sia temporaneamente inutilizzabile non è possibile continure la sessione da un dispositivo simile ma con indirizzo di rete diverso.

Il contrario si verifica con un Server non specifico in cui un dispositivo fisico, facendolo corrispondere di volta in volta ad un dispositivo logico diverso, diventa in grado di accedere a tutte le applicazioni di rete.

CONCENTRATORI PER DISPOSITIVI BSC DI TIPO 2780/3780

Come per la gestione di dispositivi 3270 anche per terminali a blocchi di tipo, o emulanti, BSC X780 o similari la funzione principale svolta dai concentratori consiste nella gestione locale delle sequenze di line-bid, di trasmissione e ricezione verso terminale nel protocollo nativo dello stesso, nel riscontro dei blocchi dati corretti o nella gestione locale delle azioni di recupero degli errori che si verificano durante la trasmissione.

Anche in questo caso la gestione locale di sequenze di invio e di acquisizione o di altre sequenze come quelle di enquiry o di ritardo nell'invio di ulteriori dati si tradu-

cono in un notevole risparmio di banda trasmissiva in quanto questi eventi non sono visti dal concentratore remoto.

La velocità di linea trae quindi beneficio, oltre che da un link X.25 che riduce notevolmente l'utilizzo dei caratteri di controllo tipici di un protocollo BSC, anche dal fatto di essere interessata dalla sola trasmissione dei dati che costituiscono l'effettiva informazione o da eventuali azioni di ripristino del collegamento virtuale nel caso lo stesso risultasse temporaneamente interrotto.

Un aspetto che nei concentratori esistenti influenza la velocità di trasmissione e quindi la quantità dei dati trasferiti è il tipo di acquisizione selezionato per i dati trasmessi e la lunghezza massima che il pacchetto dati, inviato da CL a CR può avere. Utilizzando concentratori di tipo a pacchetto diventa possibile infatti selezionare sia l'acquisizione dei dati locale che remota (figura 7.10) ma è da notare che la massima velocità trasmissiva si avrà con un riscontro locale.

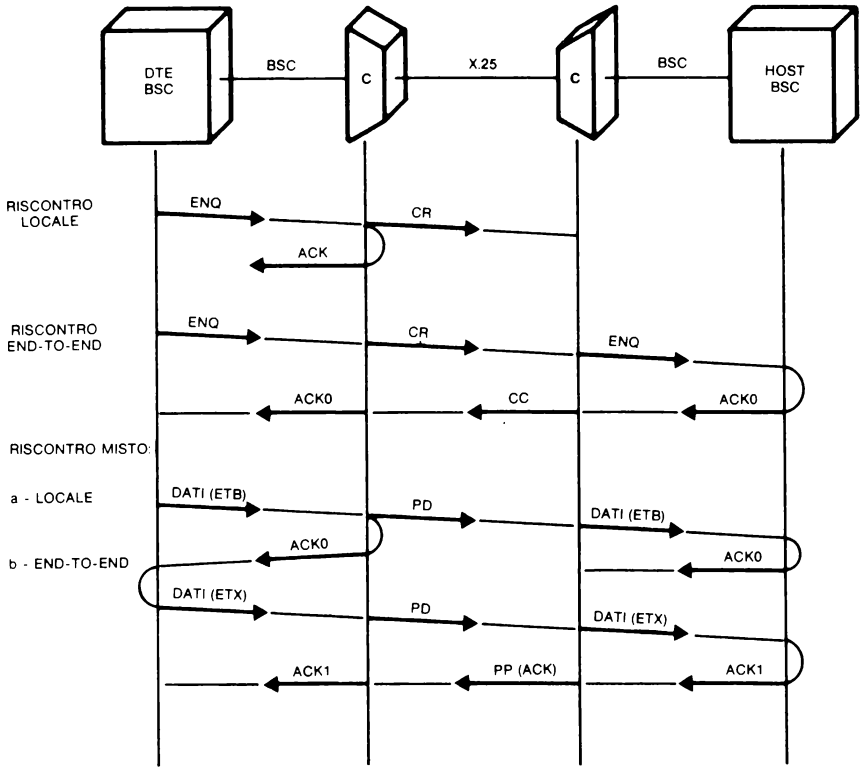


Figura 7.10 — Tipi di riscontro dei dati inviati dal dispositivo di utente e relative sequenze di rete.

La dimensione massima dei pacchetti dati che il concentratore invia sulla linea X.25 è un secondo aspetto che influenza i tempi di trasmissione. Quando infatti il concentratore riceve dal terminale BSC un blocco di testo, lo stesso viene inserito nel campo relativo di un pacchetto dati ed inviato in linea.

Se la lunghezza del blocco dati è maggiore della lunghezza massima del campo dati di un pacchetto X.25 il blocco dati dovrà essere suddiviso in un numero di pacchetti sufficienti a contenerlo.

Il concentratore che interfaccia il terminale di destinazione dovrà attendere la ricezione dell'intera sequenza di pacchetti dati e successivamente inoltrarli al terminale di destinazione come un singolo blocco BSC (figura 7.11). L'operazione di segmentazione, se necessaria, invio e ricostruzione del blocco dati, ripetuta per ogni

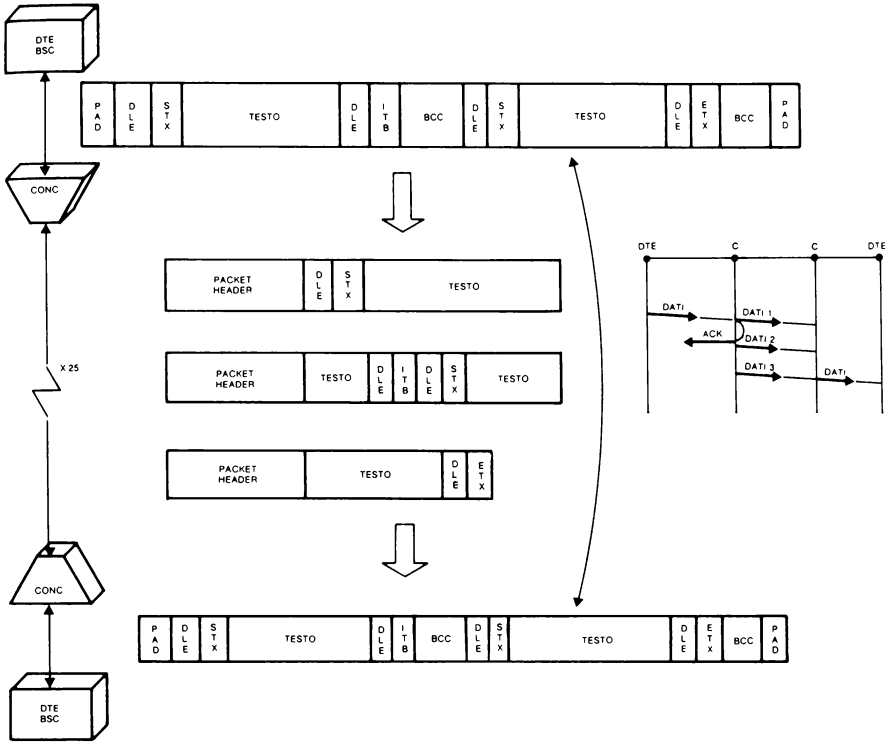


Figura 7.11 — Scomposizione di un blocco di lunghezza superiore alla dimensione di un pacchetto e suo invio al concentratore di destinazione mediante una sequenza di più pacchetti.

blocco, riduce notevolmente la velocità effettiva di trasmissione e può controbilanciare in parte i benefici che si ottengono utilizzando un link X.25. Di converso, se la lunghezza del pacchetto lo permette, in esso troveranno allocazione più di un blocco proveniente dal DTE BSC.

L'ottimizzazione della capacità della linea che in tal caso si ottiene ha come contropartita il non immediato inoltro dei blocchi così come vengono ricevuti dal concentratore a cui il terminale in trasmissione è connesso, dovendo il concentratore attendere la ricezione di un numero di blocchi sufficienti al completamento di un pacchetto dati X.25.

In definitiva se le caratteristiche operative del concentratore lo permettono, la lunghezza del pacchetto dovrebbe essere selezionata sia in base alla dimensione dei blocchi che alle esigenze di risposta specifiche della applicazione.

La figura 7.12 illustra un esempio di sessione trasmissiva.

Inizialmente la stazione X780 e l'host corrispondente si trovano nello stato di disconnessione, non esiste cioè tra loro nessun circuito virtuale X.25. Pur essendo quindi fisicamente connessi ai rispettivi concentratori non hanno in corso nessuna chiamata.

Quando il concentratore 1 riceve l'enquiry dal DTE X780, segnalante la sua intenzione di trasmettere, provvede ad inviare un pacchetto di richiesta di chiamata contenente le caratteristiche del DTE stesso e l'indirizzo del chiamato. Il concentratore 2, ricevuto il pacchetto X.25, verifica la disponibilità del DTE chiamato (generalmente un host) ed in caso affermativo invia al DTE un messaggio di Enquiry (ENQ).

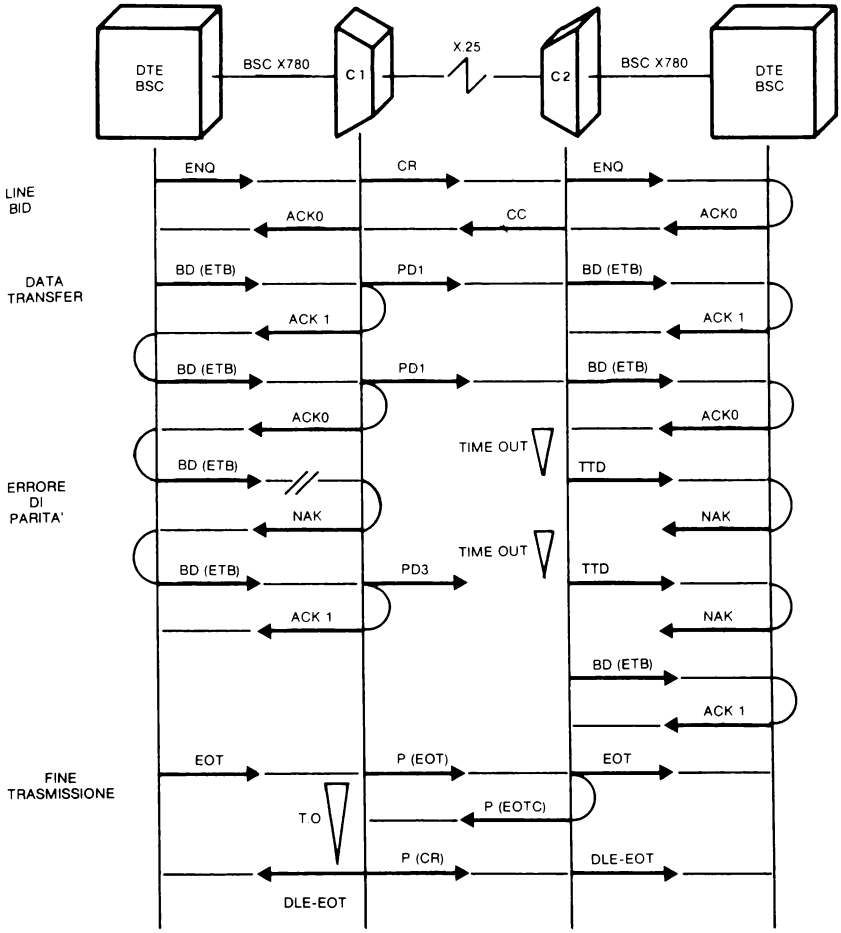
Se la risposta è positiva la chiamata è accettata ed un messaggio corrispondente (ACK) viene inviato a ritroso al concentratore 1 e da qui al DTE chiamante sotto forma di ACKØ. Il DTE X780 entra nella fase dati ed i blocchi da lui inviati, se ricevuti correttamente, vengono inseriti dal concentratore in pacchetti X.25 ed inviati in linea.

Se un blocco è errato il concentratore lo scarta e viene inviato al DTE un segnale di mancata acquisizione (NAK) richiedente il rinvio del blocco. Il concentratore di destinazione che non vede arrivare pacchetti dati provvede a sua volta ad inviare periodicamente all'host BSC dei messaggi che segnalano il temporaneo ritardo (TTD).

È da notare come sequenze di recupero degli errori, pesanti per ciò che riguarda la loro realizzazione, non interessino minimamente la linea X.25. Quando la trasmissione termina, con un EOT inviato dal DTE X780, il concentratore 1 invia al secondo un pacchetto di fine trasmissione.

Il concentratore 2 invia all'host un EOT e conferma la ricezione del pacchetto inviando al concentratore 1 un pacchetto di conferma.

Ovviamente quanto esposto è solamente una tra le possibili sequenze che si pos-



CR = call request (richiesta di chiamata)
CC = call connected (chiamata accettata)
BD = blocco dati
PD = pacchetto dati
P(...) = pacchetto di tipo (...)
EOTC = EOT confirmation
T.O. = Time out
CR = clear request (richiesta di svincolo)

Figura 7.12 — Esempio di sessione BSC.

sono verificare ed inoltre il concentratore può trattare eventi simili in modo diverso a secondo delle specifiche realizzative, pur sempre nell'ambito più generale dell'X.25, in quanto va tenuto presente che nessuna normativa internazionale è disponibile per l'interfacciamento di terminali a blocchi.

La tabella 7.1 illustra quali sono i parametri che sono generalmente selezionabili in un concentratore X.25 per DTE di tipo BSC.

PARAMETRI DELLA LINEA BSC

TIPO - specifica il tipo di terminale BSC, ad esempio 2780, 3780, 3740, 2770.
CODICE - seleziona il codice utilizzato (generalmente EBCDIC o ASCII).
DIMENSIONE BLOCCHI - indica al concentratore la lunghezza dei blocchi dati BSC permettendogli di riservare le opportune aree di memoria per la bufferizzazione temporanea dei blocchi ricevuti.
TIPO DELLA STAZIONE - mediante la definizione come primaria o secondaria determina gli intervalli di tempo specifici della stazione per la risoluzione delle contese di linea o delle azioni di recupero degli errori. Generalmente il DTE viene definito come secondario e l'host come primario.

CARATTERISTICHE DEL DTE X780

VELOCITÀ - indica al concentratore la velocità di trasmissione del DTE.
RIPETIZIONE ENQUIRY - stabilisce quante volte viene ripetuto il messaggio di enquiry prima di abbattere la chiamata di mancanza in risposta.
RIPETIZIONE DEI NAK - stabilisce quante volte viene ripetuto il NAK in caso di messagio errato prima di sconnettere il collegamento.
RIPETIZIONE DEI TIME OUT - stabilisce per quante volte, in seguito ad un time out per mancata risposta, un messaggo può essere ritrasmesso.
NUMERO DEI SYNC - determina il numero dei caratteri di sincronismo che vengono fatti precedere ad una trama BSC.

Parametri end-to-end e tipo di chiamata

Connessione automatica - permette di realizzare in modo automatico la connessione tra DTE BSC ed HOST BSC nel momento stesso in cui il terminale viene attivato. In altre parole quando il terminale chiamante viene attivato si genera automaticamente una chiamata virtuale verso l'host destinatario. La funzione di autoconnessione (quando disponibile) fornisce delle prestazioni simili a quelle previste dal Permanent Virtual Circuit. Entrambi danno l'impressione di disporre di un collegamento dedicato verso un determinato DTE. La funzione di autoconnessione tuttavia non utilizza aree di memoria per le tabelle parametriche a entrambe le estremità della chiamata durante i periodi di inattività dei DTE.
Connessione manuale - il DTE può richiedere una chiamata virtuale verso qualunque destinazione inviando un comando di connessione comprendente l'indirizzo del DTE destinatario. Se il DTE chiamante è di tipo a tastiera il comando di connessione viene battuto da tastiera. Nel caso di un terminale batch come è un terminale BSC il comando di connessione viene introdotto sulla scheda iniziale del 'job stream' (sia che si tratti di una vera e propria scheda perforata letta da una macchina 2780 originale che un'immagine su un supporto magnetico di dispositivi emulanti il 2780). Se il DTE chiamante è un HOST che emula il BSC X780 dovrà essere programmato in modo da inviare al particolare dispositivo di emulazione un comando di connessione.

Tabella 7.1 — Caratteristiche e parametri di un PAD di tipo BSC.

Significato dei messaggi di riscontro	un messaggio di riscontro può assumere un significato di tipo end-to-end, locale o con un mixing di entrambi i significati. Un riscontro locale viene inviato al terminale subito dopo la ricezione di un blocco dati BSC corretto. Un ricontro end-to-end viene inviato al terminale solo dopo che il terminale di destinazione ha segnalato la ricezione corretta. Un riscontro di tipo misto assume invece un significato locale per blocchi che terminano con ETB (blocchi intermedi di una sessione trasmissiva) ed end-to-end per i blocchi che terminano con ETX (messaggi di fine trasmissione).

Tabella 7.1 — (continua)

CONCENTRATORI PER TERMINALI ASINCRONI

Storicamente i concentratori per terminali asincroni espletanti la funzione di PAD (packet assembler disassembler) sono stati i primi ad essere utilizzati in applicazioni di trasmissione dati come conseguenza diretta della standardizzazione internazionale di cui sono stati oggetto mediante le raccomandazioni X.3, X.28, ed X.29 del CCITT emesse nella forma originale nel 1977 (libro arancio) e diventate lo standard di riferimento per l'interfacciamento di terminali start-stop a reti dati a commutazione di pacchetto.

Gli aspetti più interessanti relativi a concentratori aventi funzione di PAD asincrono discendono dalla virtualizzazione che può essere fatta dei terminali connessi aggiungendo al terminale reale funzioni intelligenti realizzate dal concentratore ma che da parte dell'utente vengono viste come parte costituente del terminale logico risultante.

A quelle che sono le funzioni di base di un terminale il concentratore può aggiungere funzioni di editing, di conversione di codice o di velocità, funzioni di controllo del fusso dati, di formazione automatica di un collegamento trasformando un terminale semplice ed economico in uno strumento virtuale di lavoro e di interazione con l'applicazione estremamente versatile e sofisticato. Una configurazione tipica inerente a terminali od elaboratori asincroni è costituita da uno o più elaboratori a cui sono connessi un certo numero di terminali remoti.

L'inserzione tra i terminali asincroni remoti e gli host di due concentratori permette, oltre alla diminuzione delle linee di interconnessione, cosa peraltro ottenibile anche con un più convenzionale e meno costoso multiplexer, di poter scegliere per ogni sessione di lavoro la porta di accesso all'host a cui si desidera essere collegati ed il programma applicativo corrispondente. (fig. 7.13).

La possibilità di collegare un terminale ad applicazioni residenti su host diversi discende dal modo con cui operano i concentratori a cui l'host è connesso ed il tipo di link, X.25, che lo collega al concentratore remoto. Nei concentratori infatti per ogni

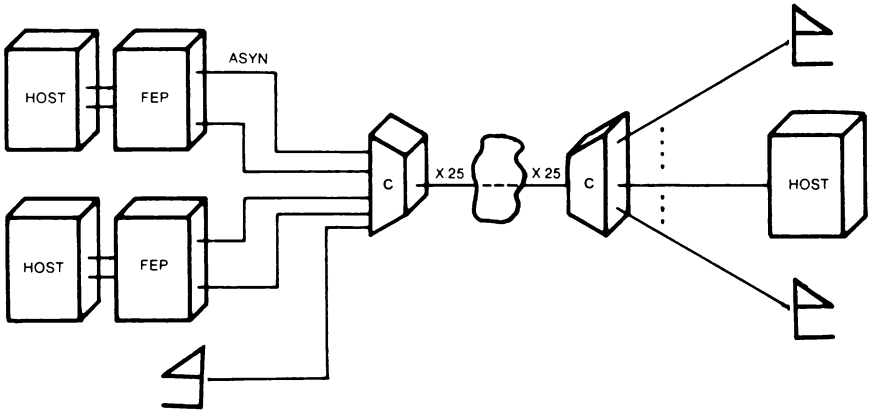


Figura 7.13 — L'utilizzo di concentratori permette di scegliere, per ogni sessione di lavoro, il tipo di host o la porta a cui si desidera essere connessi.

linea entrante proveniente dall'host sono contenute tabelle che descrivono le caratteristiche operative dello stesso e quelle dei terminali che ad esso possono richiedere di collegarsi. Quando un terminale remoto richiede la connessione ad una porta dell'host il concentratore preleva dalle tabelle residenti i dati relativi alla particolare linea di accesso selezionata e le invia al concentratore remoto che le utilizzerà per controllare le modalità, la velocità ecc. della sessione del terminale remoto.

L'host quindi adegua le caratteristiche funzionali del terminale remoto in modo che il terminale virtuale che ne risulta sia aderente, come velocità, codice e parametri inerenti al controllo della trasmissione, al tipo di sessione da realizzare. (fig. 7.14)

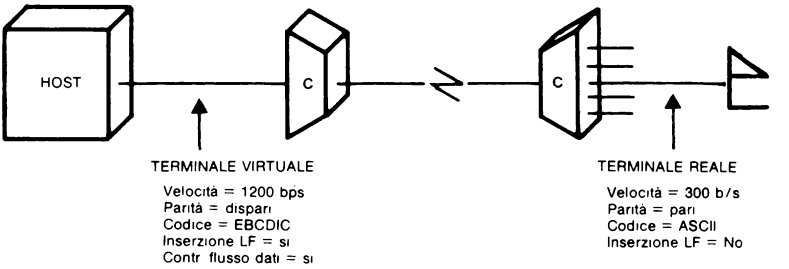


Figura 7.14 — Trasformazione di un terminale reale in terminale virtuale.

Sono i concentratori X.25 ed il software residente che trasformano il terminale reale in terminale virtuale.

Per meglio comprendere la potenzialità offerta dall'uso di un concentratore X.25 vediamo alcune delle principali funzioni che è in grado di realizzare.

INOLTRO DEI CARATTERI RICEVUTI: è una funzione che, se selezionata, permette di inviare in rete i caratteri ricevuti dal terminale o dall'elaboratore quando si verifica una delle condizioni selezionate tra quelle possibili. Generalmente la condizione di inoltro (data forwarding) può essere costituita o dalla ricezione di un carattere particolare (cr, lf,...) o dallo scadere di una temporizzazione (fig. 7.15).

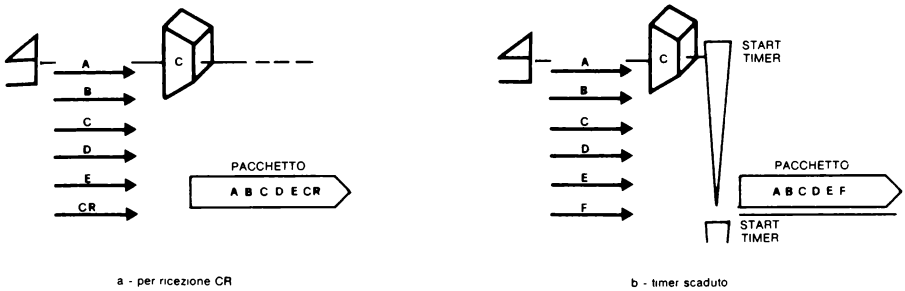


Figura 7.15 — Inoltro dei dati al verificarsi di una delle condizioni selezionate:
a — ricezione di Cr (carriage return)
b — temporizzazione scaduta.

INSERZIONE DEL LINE FEED E RIPIEGAMENTO DELLA LINEA: la funzione di inserzione del line feed quando viene ricevuto il carattere cr (ritorno carrello) permette di posizionare automaticamente il cursore del video o della stampante alla riga successiva (fig. 7.16). L'inserzione può essere attuata sia sui dati inviati dal terminale al concentratore (ed in tal caso viene aggiunto all'eco del cr) sia sui dati ricevuti dal concentratore remoto.

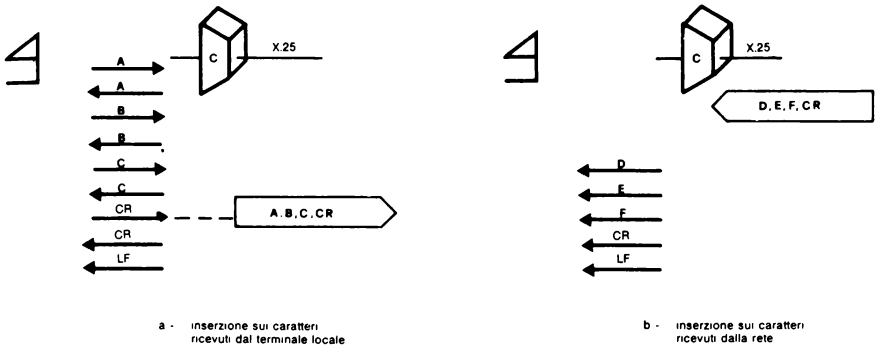
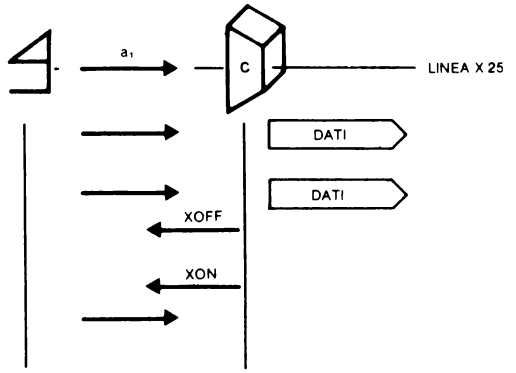
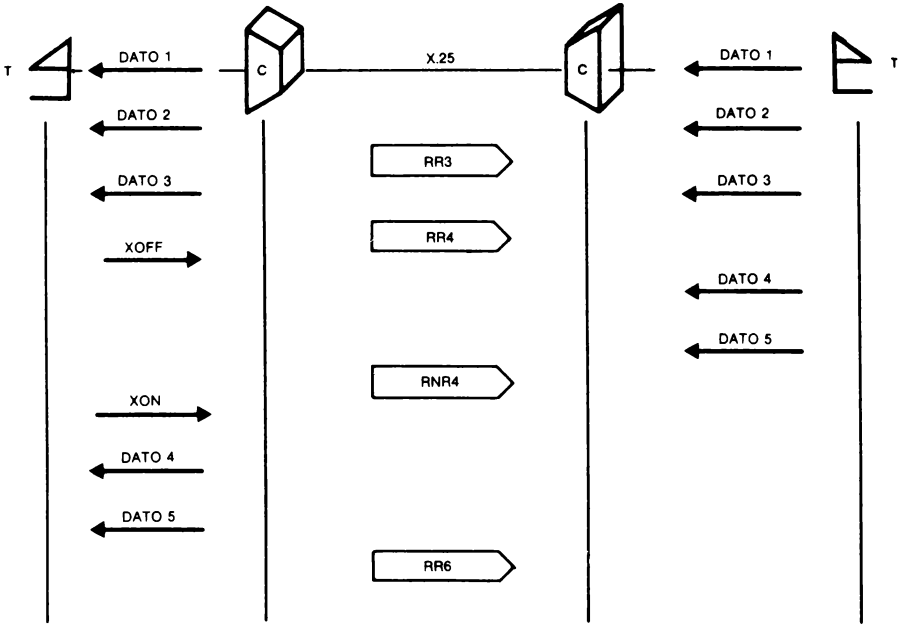


Figura 7.16 — Inserzione automatica del carattere lf (line feed) nei dati ricevuti o inviati dal terminale:
a — inserzione sui caratteri ricevuti dal terminale locale
b — inserzione sui caratteri ricevuti dalla rete.

CONTROLLO DEL FLUSSO DATI: è una funzione mediante la quale è possibile controllare la velocità con cui i dati vengono scambiati tra i terminali e gli host da una parte ed i concentratori dall'altra. (fig. 7.17)



CONTROLLO DEL FLUSSO DA TERMINALE



CONTROLLO DEL FLUSSO DA CONCENTRATORI

Figura 7.17 — Controllo del flusso dati:
a — da terminale
b — da concentratore.

La necessità di funzioni che controllano il flusso dati deriva direttamente dalla diversa velocità a cui possono operare terminali ed host. In mancanza di meccanismi di controllo ciò porterebbe alla perdita di dati e renderebbe incomprensibile buona parte delle sessioni di lavoro.

Il controllo del flusso dati può essere fatto sia dal terminale verso il concentratore che da quest'ultimo verso il terminale.

Nel primo caso il terminale, quando si trova nella impossibilità di smaltire i dati ricevuti, invia al concentratore un carattere di controllo (generalmente l'XOFF) che sospende l'invio dei dati. Quando il terminale è di nuovo disponibile per la ricezione l'invio del carattere XON riabilita il concentratore all'invio di ulteriori caratteri.

Analogamente si comporta il concentratore quando non è in grado di inviare in rete ulteriori pacchetti.

In tal caso è la ricezione dei dati dal terminale che deve essere sospesa sino allo smaltimento del buffer e ciò viene fatto inviando al terminale un carattere particolare (anche in questo caso è generalmente l'XOFF).

Quando il concentratore è in grado di riprendere la ricezione riabilita il terminale inviandogli il carattere di XON.

EDITING: la funzione di editing permette di modificare il messaggio composto dal terminale e memorizzato all'interno del concentratore.

La figura 7.18 illustra come tale funzione viene utilizzata supponendo che il carattere che causa l'invio dei dati al terminale o all'host remoto sia costituito dal cr.

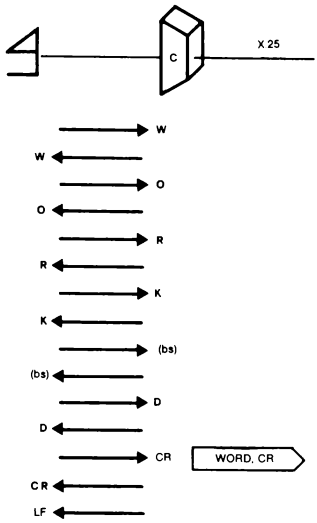


Figura 7.18 — Editing locale di un carattere errato ed invio in linea del messaggio corretto.

I dati inviati dal terminale sono temporaneamente memorizzati nel concentratore in attesa del carattere di inoltro ed è in tale buffer che possono essere modificati.

Se una parola viene battuta in modo errato, il tasto DEL (od un analogo tasto funzione) rende possibile la cancellazione di un carattere errato senza interessare minimamente il terminale o l'host corrispondente remoto.

PARAMETRI CHE REGOLANO LA SCELTA DI UN CONCENTRATORE

Nei paragrafi precedenti sono state esposte le modalità con cui un concentratore dell'ultima generazione è in grado di gestire terminali con protocolli di linea diversi e come sia possibile, mediante funzioni realizzate dal concentratore trasformare una rete di terminali in una rete la cui configurazione logica possa essere variata a piacere in modo da adattarsi alle mutevoli esigenze dell'utenza EDP.

Rimangono da vedere in base a quali considerazioni può essere orientata la scelta di un concentratore considerando che non sempre tutte le facilities attualmente riscontrabili coesistono in uno stesso dispositivo.

La tabella 7.2 elenca, suddividendoli in due classi (in funzione dell'importanza), i parametri che permettono di dare una valutazione della flessibilità di un concentratore. È ovvio che questa suddivisione è fatta in base a quelle che possono essere le esigenze dell'utenza normale e che per applicazioni particolari possono assumere primaria importanza funzioni che si trovano invece nella seconda parte della tabella.

Funzioni primarie
- protocolli supportati
- velocità della linea X.25
- numero delle linee lato utente
- concentrazione lato Host realizzabile mediante software
- caricamento dei programmi
- diagnostica
- modificabilità del software
- velocità delle linee di utente
- throughput
- supporto fornito
- ridondanza

Funzioni secondarie
- tipo del frame
- numero delle linee X.25 verso rete
- cluster collegabili su ogni linea di utente
- numero dei terminali che è possibile connettere ad ogni cluster
- ritardo introdotto sui dati in transito
- dimensione della memoria
- costo

Tabella 7.2 — Funzioni primarie e secondarie nella scelta di un concentratore.

Analizziamo i singoli parametri cominciando da quelli più importanti:

Protocolli supportati

Il numero dei protocolli supportati e la loro aderenza agli standard è la caratterizzazione fondamentale di un concentratore. Per cosa si intenda per aderenza agli standard si rimanda alla voce che più avanti si riferisce al numero di cluster supportati. Il problema si presenta sotto diversi aspetti. Un primo aspetto da considerare è il loro numero e se con essi è possibile gestire l'interfacciamento alla rete dell'intero parco dei terminali e degli host senza ricorrere all'uso di convertitori di protocollo da inserire tra i concentratori e quei terminali con protocollo di linea che non rientrano nell'insieme di quelli supportati. (fig. 7.19)

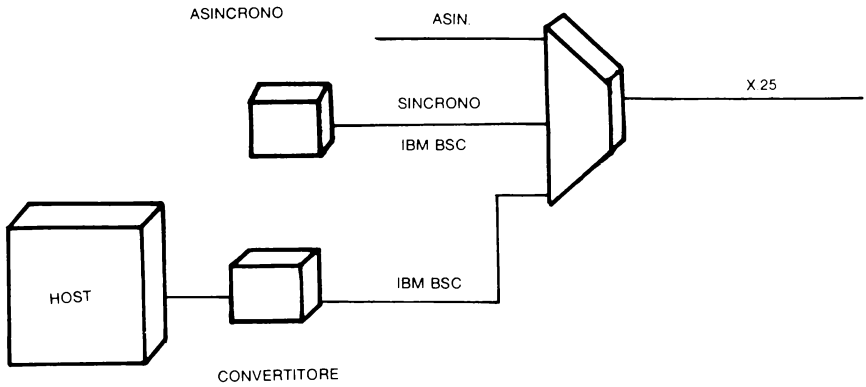


Figura 7.19 — Connessione di terminali a concentratori che non li supportano direttamente mediante l'utilizzo di convertitori di protocollo.

Se il numero dei terminali non gestiti è elevato e di uno o due tipi diversi si può prendere in considerazione la possibilità di sviluppare il software relativo ammesso che il concentratore lo permetta ed esista la disponibilità da parte del fornitore.

Un ulteriore aspetto, che non sempre il fornitore si cura di chiarire, è quanti dei protocolli teoricamente supportabili possono realmente coesistere e, nel caso, i limiti al numero dei terminali delle diverse famiglie imposti dalle diverse configurazioni. È questo un punto molto importante in quanto una limitata flessibilità nelle combinazioni di protocolli e delle distribuzioni realizzabili può obbligare all'utilizzo di più di un concentratore nello stesso sito con un carico sbilanciato e senza possibilità di utilizzare uno dei due dispositivi come parziale riserva dell'altro. È quindi importante chiarire il mixing che è possibile realizzare e, per un certo set di protocolli operanti

contemporaneamente nel concentratore, appurare quali sono i limiti in velocità ed in numero dei terminali delle singole famiglie che è possibile supportare. È ovvio comunque che esistono limiti fisici oltre i quali non si può pretendere di andare. Un concentratore che è in grado di gestire sia terminali sincroni che asincroni e che ha un determinato throughput in pacchetti al secondo (p/s) con 30 porte di accesso potrà gestire 30 terminali start-stop mentre difficilmente potrà gestire lo stesso numero di terminali sincroni considerando che la velocità di linea dei due terminali ha almeno un rapporto di uno a quattro mentre l'effettivo rapporto dei dati trasmessi è ancora più sfavorevole per gli asincroni. Se consideriamo un throughput di 9600 bps le 30 porte di accesso permettono di gestire ad esempio 30 terminali asincroni a 300 bps (velocità aggregata pari a 30.X 900 = 9000 bps) oppure 8 terminali sincroni a 1200 (velocità aggregata pari a 1200 X 8 = 9600 bps). Tra questi due limiti le combinazioni realizzabili devono tener conto della velocità delle singole porte. Il tutto può essere ricondotto ad un grafico del tipo di quello esemplificato in figura 7.20 che permette di ricavare il numero di terminali sincroni e asincroni in funzione della velocità di linea dei sincroni.

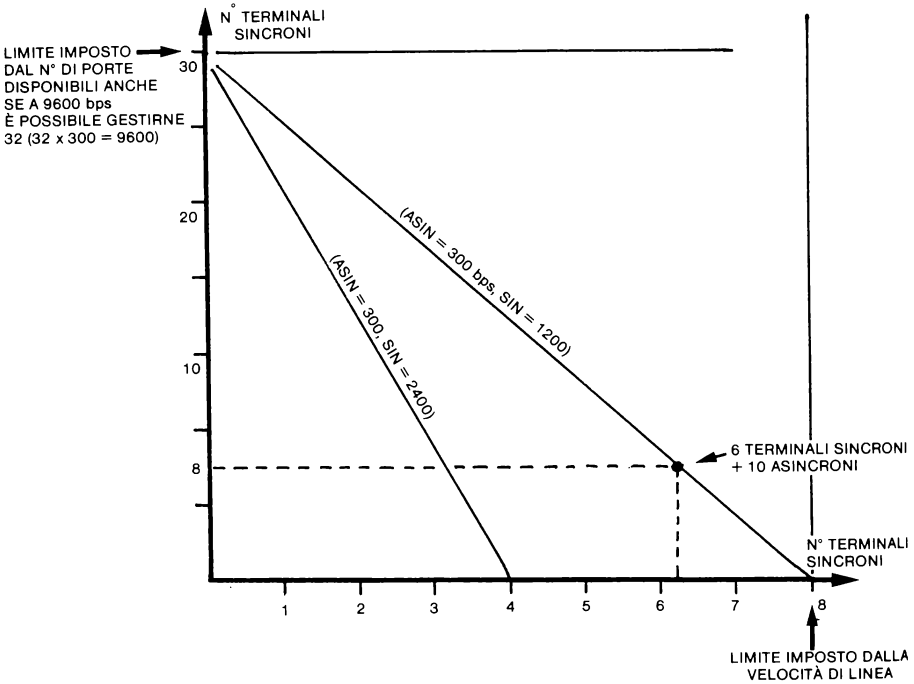


Figura 7.20 — Determinazione di massima delle configurazioni realizzabili.

Il punto riportato nel grafico è relativo alla connessione di 6 terminali sincroni a 1200 e 10 terminali asincroni.

Il numero di 10 per i terminali asincroni deriva dal fatto che agli otto asincroni che derivano dal grafico si aggiungono altri due esclusi dal limite pratico di porte a disposizione.

Grafici di questo tipo, realizzati per le diverse combinazioni di tipi e di velocità permettono di verificare, assieme al fornitore, la realizzabilità delle necessarie configurazioni di rete.

Numero delle linee lato utente

È il numero delle porte fisiche di accesso al concentratore. Importante, come limite massimo, nel caso si debbano gestire terminali start-stop a bassa velocità assume minor importanza per terminali sincroni ad alta velocità. Come abbiamo infatti visto dall'esempio un limite fisico di 30 porte si riduce ad uno pratico di 8 quando si debbono connettere terminali sincroni a 1200. Ovviamente questi calcoli sono indicativi e si riferiscono alla gestione di terminali in funzionamento continuo, cosa che raramente si riscontra, ma servono comunque per mostrare come è possibile in modo semplice avere un'idea dei limiti di una configurazione.

Velocità della linea X.25

È la velocità con cui i dati ricevuti dai terminali vengono inviati in linea. Assieme alla capacità elaborativa, in istruzioni eseguite al secondo, della CPU è essa che determina i pacchetti al secondo che il concentratore è in grado di trasmettere e ricevere. Con un pacchetto formato da 128 caratteri di otto bit (1024 bit = I Kbit) una velocità di linea di 19200 bps è in grado di smaltire un traffico di circa 20 pacchetti al secondo equivalenti grossomodo al traffico generabile da 16 terminali sincroni operanti con velocità di 1200.

Caricamento dei programmi

È un punto importante nella scelta di un concentratore e dal modo in cui avviene dipende il tipo di operatività della rete stessa dei concentratori.

Due sono le principali filosofie affermatesi, la prima vede i programmi residenti permanentemente su ROM che vengono programmate dal fornitore in base alle specifiche richieste dell'utente. Diverse configurazioni di rete o di parametri dei terminali gestiti richiedono nuovi set di ROM. La seconda vede i programmi memorizzati su supporti magnetici quali unità nastro o floppy disc da cui, all'accensione, gli stessi sono trasferiti nella memoria di lavoro per l'esecuzione.

Quest'ultima filosofia è quella che si va maggiormente affermando per la flessibilità operativa che ne consegue anche se la probabilità di guasto insita in ogni dispositivo periferico esterno implica una diminuzione della affidabilità globale del sistema ed una parallela riduzione dell'M.T.B.F.

I vantaggi offerti da un supporto magnetico per i programmi non si limitano però ad un aumento della flessibilità quando sia richiesto la modifica dei programmi o dei parametri di rete.

Il punto essenziale è costituito dal fatto che i programmi applicativi modificati od

aggiornati possono essere trasferiti al concentratore trasmettendoli via linea, memorizzandoli sul supporto magnetico periferico e mandati quindi in esecuzione.

Ne deriva che è possibile procedere alla manutenzione dei programmi e delle configurazioni in un unico centro e da qui scaricare i nuovi programmi nei diversi punti di concentrazione della rete.

Il caricamento remoto permette inoltre di ridurre al minimo il personale di controllo della rete e di procedere alla ricarica automatica dei programmi nel caso di guasto temporaneo.

Ridondanza

La ridondanza in un concentratore è estremamente importante anche se, d'accordo sulla sua necessità, diventa più difficile scendere nel concreto evitando di ricorrere a sistemi completamente ridondati in cui l'incremento di affidabilità non è generalmente tale (o se lo è ciò avviene solamente per applicazioni particolari) da compensare il notevole incremento di costo che generalmente ad essa corrisponde.

Per cercare di capire cosa deve essere generalmente ridondato in un concentratore suddividiamolo nelle sue parti componenti ed analizziamole separatamente.

Le linee di utente sono automaticamente ridondate se in numero superiore a quelle necessarie all'utilizzazione e generalmente una disponibilità di una linea di riserva per ogni gruppo di linee di un certo tipo (sincrone, asincrone) è sufficiente a superare i malfunzionamenti che più comunemente si riscontrano.

La porta X.25 verso rete è forse la parte più critica del sistema ed è indispensabile una sua duplicazione in quanto la sua indisponibilità, anche temporanea, pone fuori servizio il concentratore ed interrompe tutti i circuiti virtuali attivi.

Cosa si intende per duplicazione della linea X.25 non è però così chiaro come a prima vista può sembrare. L'effettiva duplicazione del canale di uscita, delle porte e della linea verso rete, che costituisce l'interpretazione più estensiva è anche quella che in pratica, per concentratori di piccole-medie dimensioni (qualche decina di porte gestite) non offre garanzie tali da compensare il suo costo. Poichè è probabile che entrambe le linee affittate che collegano il concentratore alla rete seguano lo stesso percorso fisico e facciano parte dello stesso fascio se un evento catastrofico agisce in modo da interrompere una linea è estremamente probabile che interrompa anche quella di riserva rendendo del tutto inutile la duplicazione dei circuiti di linea. Quello che quindi sembra essere la soluzione di equilibrio tra costi e prestazioni è una duplicazione dei circuiti interni tale da poter gestire malfunzionamenti, temporanei o meno, dei circuiti di controllo della linea X.25 la cui probabilità di guasto è nettamente superiore alla probabilità di una linea diretta che venga interrotta od inagibile e con un costo nel caso sia utilizzata per back-up, di diversi milioni l'anno.

L'ultimo punto è costituito dalla parte di logica comune (CPU, memoria, bus ecc...). La sua ridondanza è ovviamente indispensabile per assicurare un funzionamento continuo anche se si deve valutare a secondo della applicazione la necessità o meno che la riserva sia di tipo caldo o freddo e tale da non interrompere i circuiti virtuali attivi.

Supporto e modificabilità del software

È un aspetto estremamente importante e da non trascurare se si vuole adattare un concentratore a protocolli di nuovo tipo o a nuove facilities approvate in sede di standardizzazione internazionale. Mentre però il supporto dipende dalla organizzazione del fornitore del dispositivo la modificabilità dipende dalla struttura intrinseca del concentratore così se il supporto può migliorare nel tempo un dispositivo il cui software non è modificabile difficilmente lo diverrà in seguito a meno di drastiche sostituzioni delle sue parti principali.

Diagnostica

La diagnostica disponibile per unità di concentrazione X.25 è generalmente classificabile in due gruppi. Il primo è formato da programmi che vengono fatti girare off-line e servono per verificare il funzionamento delle parti che costituiscono il concentratore prima della sua messa in funzione o che vengono utilizzati per individuare l'esatta parte guasta quando i programmi on-line rivelano un malfunzionamento non recuperabile. L'insieme di questi programmi dovrebbe generalmente permettere l'individuazione di tutti quei componenti guasti che possono essere sostituiti direttamente dall'utente come chip di RAM, CPU, USART ecc... Il secondo gruppo comprende invece quei programmi che vengono attivati periodicamente durante l'esecuzione e che cercano di recuperare gli errori che dovessero verificarsi.

Velocità delle linee di utente

È un parametro il cui limite superiore dovrebbe essere di almeno 4800-9600 bps per adeguarsi ai limiti dei terminali asincroni dell'ultima generazione aventi come limite superiore di velocità il valore di 9600-19200 bps.

Inoltre, almeno per la gamma di velocità da 110 a 1200 bps, a tuttoggi le più comuni, anche la rivelazione automatica sia della velocità che del tipo di parità utilizzato per il controllo della correttezza del carattere è una funzione la cui disponibilità aumenta di molto la flessibilità con cui i terminali possono essere utilizzati ed elimina la necessità di adattare le caratteristiche operative di un terminale a secondo della porta a cui si accede.

Nella seconda parte della tabella alcune delle voci richiedono solo pochi commenti. Il costo, ovviamente, ha un'importanza relativa ed a meno che non si discosti di molto dalla media dei valori ottenuta considerando dispositivi di diverse case con funzioni equivalenti non è la voce che maggiormente incide sull'esercizio di una rete.

Anche per il ritardo vale un discorso analogo e lo stesso per la dimensione della memoria.

Considerazioni sulla duplicazione della linea X.25 sono inoltre già state fatte parlando del grado di ridondanza.

I punti rimanenti richiedono un maggior approfondimento.

Tipo del frame

Il frame con il quale i pacchetti vengono inviati in linea può essere di tipo BSC o HDLC. Anche se la correttezza formale della trasmissione è assicurata in entrambi i casi un protocollo di link HDLC assicura un maggiore throughput e la possibilità di connettersi a qualsiasi rete dati pubblica o privata.

Cluster collegabili

Come abbiamo visto in precedenza se la porta gestisce una linea di tipo 3270 o equivalente il numero massimo di unità di controllo ad essa collegabili è di 32 così come 32 è il numero di dispositivi collegabili ad ogni unità di controllo.

Non tutti i concentratori con funzione di PAD per linee 3270 supportano le configurazioni complete di cluster e ciò può costringere alla utilizzazione di più di un concentratore nello stesso sito ed una riconfigurazione della rete.

È comunque da considerare che difficilmente una linea 3270 ha più di sei-otto control unit così come ognuna di quest'ultime raramente supera la decina di dispositivi. Ciò deriva dal fatto che consistendo tipicamente la trasmissione nell'invio di intere pagine video si satura rapidamente la capacità della linea di trasmissione. Concentratori che sono quindi in grado di supportare sino ad otto linee con un numero complessivo di dispositivi sul centinaio sono generalmente più che in grado di gestire la quasi totalità delle configurazioni realizzabili.

CONCLUSIONI

I concentratori dell'ultima generazione hanno finito con l'assumere funzioni che li caratterizzano come veri e propri elementi attivi ed elaborativi di una rete dati. La funzione di concentrazione è solamente una delle funzioni che realizzano. Le altre funzioni, come il link di tipo X.25, la possibilità di gestire contemporaneamente dispositivi asincroni e BSC, siano essi terminali od Host, ne lasciano prevedere un utilizzo crescente parallelamente alla costante diffusione di reti dati a commutazione di pacchetto.

Particolarmente interessante è la capacità di svolgere un sempre crescente numero di funzioni di Front-End come la conversione di velocità, l'esecuzione di sequenze di recovery o la formazione automatica della chiamata che sgravano notevolmente il lavoro che un host deve compiere per stabilire una sessione con un terminale od un altro host remoto.

Oltre alle funzioni attuali si può prevedere che nell'immediato futuro un concentratore possa realizzare anche funzioni di commutazione locale divenendo così un vero e proprio elaboratore nodale. Il vantaggio delll'uso di un concentratore di tale tipo deriva dalla possibilità che offre all'utilizzatore di realizzare un investimento in grado di costituire l'embrione di una rete dati privata o che utlizza la rete pubblica come rete primaria di transito. La figura 7.21 illustra le fasi di sviluppo di una rete privata che evolve da una configurazione elementare costituita da un certo numero di concentratori in configurazione back-to-back in una vera e propria rete dati pub-

blica o privata. Le indubbie prospettive offerte dal mercato ai concentratori dell'ultima generazione hanno fatto si che la disponibilità di un notevole numero di prodotti renda obbiettivamente difficile la scelta di un dispositivo.

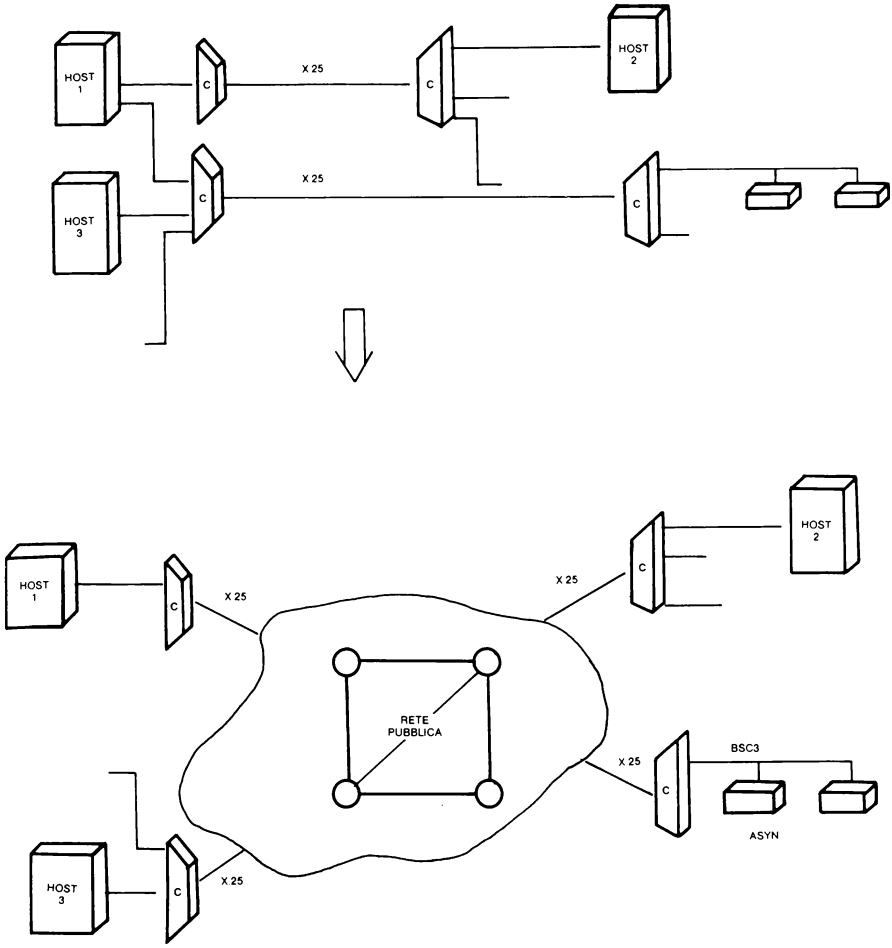


Figura 7.21 — Migrazione da una rete privata di concentratori ad una rete che utilizza come rete primaria per la connessione dei concentratori la rete pubblica nazionale.

La definizione di parametri in base a cui orientare la scelta non è ovviamente una cosa facile.

È tuttavia da presumere che nel medio termine si assisterà alla affermazione di quelle case costruttrici in grado di fornire all'utente un approccio sistemistico che comprenda aspetti sia hardware che software ed in grado di rendere immediatamente disponibili il software emulante nuovi protocolli internazionali che dovessero emergere.

Poichè è presumibile inoltre che in alcuni casi l'utente desideri sviluppare proprie interfacce assumerà notevole importanza anche la disponibilità e possibilità per l'utente di sviluppare il proprio software specifico.

Un ultimo punto è costituito dalla capacità di variare ed adattare facilmente le caratteristiche operative del concentratore in modo parallelo alla inserzione in rete di nuovi terminali o variazioni topologiche della stessa.

Programmi residenti su ROM presentano in tal caso una minor flessibilità nei confronti di concentratori i cui programmi possono essere caricati da un supporto magnetico locale (dischetti, nastri, ecc..) facilmente aggiornabile o caricato via linea da un centro di controllo remoto su cui le nuove versioni possono essere facilmente preparate.

CAPITOLO 8

I PROTOCOLLI DI COMUNICAZIONE

PROTOCOLLI: LORO FUNZIONE E DEFINIZIONE

La connessione di calcolatori o terminali, qualunque sia l'architettura di collegamento, richiede la definizione del supporto fisico di trasmissione (linea privata, commutata, di tipo RS232, RS422, ecc.) su cui viene inviato il segnale elettrico corrispondente al messaggio logico da trasmettere e del tipo di protocollo utilizzato, in modo da avere un corretto controllo logico della linea. Lo scopo è, chiaramente, quello di permettere lo scambio dei dati in modo ordinato fra i dispositivi reciprocamente connessi.

Non basta infatti sapere che l'interfaccia hardware di un terminale o di un calcolatore verso il mondo esterno è di tipo RS232 per permetterci di affermare che, direttamente o tramite modem, lo stesso è immediatamente collegabile (nel senso che può colloquiare e cioè scambiare messaggi reciprocamente comprensibili) con il terminale corrispondente.

Per avere uno scambio corretto bisogna altresì definire il formato dei messaggi stessi, la loro lunghezza, i caratteri di controllo e le procedure da seguire per recuperare gli errori di trasmissione (questo per citare solamente gli aspetti più immediati).

Tutti questi punti, e molti altri che verranno esaminati in seguito, costituiscono, una volta tra loro correlati ed ordinati, un insieme di regole che permettono di effettuare lo scambio delle informazioni. Tale insieme è definito più brevemente come protocollo.

Con il termine protocollo si intende quindi un insieme di regole che permettono lo scambio di informazioni utilizzando un supporto fisico ben definito a secondo dell'applicazione, ma da cui obbligatoriamente non dipende.

Proprio perchè si tratta di un insieme di regole si capisce come ne consegua tale indipendenza e come lo stesso tipo di protocollo (e quindi di regole) possa permettere lo scambio di informazioni tra terminali che di volta in volta possono avere una interfaccia hardware diversa implementando diversamente il software che realizza tali funzioni.

INTERFACCIA DI LINEA E PROTOCOLLO DI LINEA

Quando, a proposito di un collegamento tra terminali, si parla di interfaccia, ci si riferisce a quella che è la caratteristica elettrica del collegamento ed essa viene in genere specificata come interfaccia elettrica (esempio RS232, RS423...) mentre quando si parla di protocollo di linea ci si riferisce all'insieme di regole che gestiscono gli aspetti logico e procedurali del collegamento, generalmente indipendenti dal tipo di interfaccia. Una puntualizzazione di questo tipo è necessaria per comprendere come sia vero che un terminale con interfaccia V24 (RS232) è collegabile con un secondo terminale od un calcolatore munito della stessa interfaccia elettrica, ma è appunto solamente collegabile e compatibile a questo livello. Se la compatibilità si limita a ciò i segnali elettrici scambiati (e che rappresentano l'informazione trasmessa o ricevuta) non causeranno danneggiamenti dell'interfaccia, verranno anche riconosciuti i caratteri ricevuti, ma agli stessi non potrà essere dato nessun significato concreto in quanto si ignorerà come gli stessi devono essere ordinati ed interpretati.

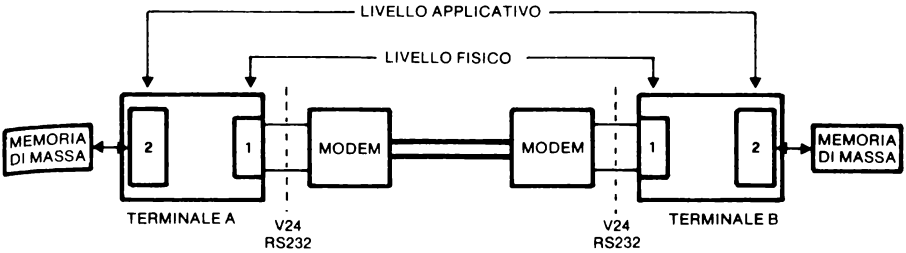
Inoltre non sarà parimenti possibile separare i caratteri che costituiscono l'effettiva informazione dai caratteri di controllo che ne regolano l'interpretazione.

Se, tra le funzioni di cui il terminale dispone, non sono presenti quelle che gestiscono la trasmissione e ricezione dei messaggi, secondo quanto stabilito dal protocollo di linea del calcolatore a cui ci si deve connettere, se ne dovrà affrontare personalmente la realizzazione (sotto forma di programma) ed inserirle nel terminale in oggetto (figura 8.1).

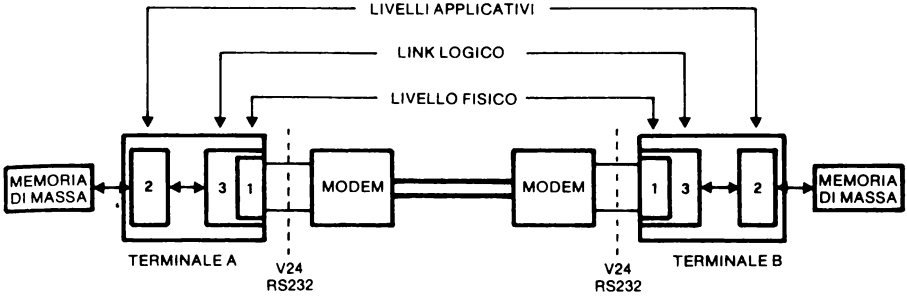
Non volendo affrontare una realizzazione di tale tipo e di complessità rapidamente crescente in funzione dell'evoluzione del protocollo utilizzato, si dovrà richiedere al fornitore se, oltre alla interfacciabilità elettrica, esiste all'interno del terminale o del calcolatore la particolare interfaccia procedurale (protocollo) in grado di colloquiare con il calcolatore o terminale corrispondente.

FAMIGLIE DI PROTOCOLLI ESISTENTI

Nel corso degli anni sono andate definendosi (come visto nei capitoli precedenti) diversi tipi di interfacce elettriche e si è avuta una evoluzione parallela ed in modo più massiccio per ciò che riguarda i protocolli utilizzati per trasmettere informazioni da un terminale o da un calcolatore ad un altro. L'evoluzione del tipo di reti che si sono realizzate e la loro complessità sempre crescente ha costretto a sviluppare continuamente nuovi protocolli in grado di gestire proficuamente le nuove strutture man mano che esse si delineavano. Nell'ambito dello stesso protocollo poi si sono dovuti effettuare dei cambiamenti. Per comprenderne la necessità è sufficiente considerare come un protocollo in grado di gestire il trasferimento di informazioni tra due calcolatori secondo una struttura di tipo punto a punto debba necessariamente subire delle trasformazioni quando alla stessa linea invece di due soli terminali se ne



DUE TERMINALI TRA I QUALI DEVE AVVENIRE UN TRASFERIMENTO DATI DEVONO ESSERE COLLEGATI FISICAMENTE DA UNA LINEA ED AVERE UN'APPOSITA INTERFACCIA DI LINEA (1) CHE PERMETTA DI INTERFACCIARLA CON LE CARATTERISTICHE FISICHE (NUMERO DI FILI) ED ELETTRICHE (LIVELLO DEI SEGNALI) RICHIESTE.



PERCHÈ I DUE LIVELLI APPLICATIVI POSSANO EFFETTIVAMENTE SCAMBIARSI INFORMAZIONI, DEVE ESSERE INOLTRE PRESENTE UN INSIEME DI FUNZIONI (3) CHE PERMETTANO UNO SCAMBIO ORDINATO ED UNA INTERPRETAZIONE CORRETTA DEI DATI. QUESTO INSIEME DI FUNZIONI SI CHIAMA PROTOCOLLO ED IL LIVELLO 1 NE COSTITUISCE PARTE ESSENZIALE.

Figura 8.1 — Connessione di due terminali.

connettono un numero maggiore, con il conseguente problema di indirizzamento dei messaggi che ne consegue.

Di famiglie e sottofamiglie di protocolli hanno finito con l'esisterne parecchie, rallentando per parecchio tempo la realizzazione di reti in cui sono collegati calcolatori di case diverse. Questa situazione ha portato alla creazione, a livello internazionale, di un organo che si occupa della stesura di normative secondo le quali i nuovi protocolli devono essere realizzati; questo proprio per evitare per il futuro una proliferazione ancora maggiore dei protocolli esistenti.

Pur nella loro varietà, i protocolli oggi diffusi possono essere raggruppati in due grandi famiglie: quella dei protocolli di tipo "byte control protocol" e quella del tipo "bit oriented protocol" (figura 8.2 e tabella 8.1). Caratteristica fondamentale della prima famiglia è che, nei protocolli che vi appartengono, il flusso dei dati tra la stazione trasmittente e la stazione ricevente viene regolato mediante la formattazione

del messaggio per mezzo di opportuni caratteri (da cui il nome) di controllo e che fanno parte del tipo di codice (EBCDIC, ASCII...) utilizzato per la trasmissione delle informazioni. Questi caratteri definiscono l'inizio e la fine del messaggio, l'inizio del campo indirizzo e del campo dati e l'inizio di eventuali parti del messaggio da interpretare in modo trasparente. La loro presenza può essere rilevata sia a programma che direttamente dall'interfaccia hardware di linea.

Servizi e funzioni	Byte control bisincrono (BSC)	Bit oriented HDLC (ISO)	SDLC (IBM)
Formato di trasmissione	Sincrono	Sincrono	Sincrono
Modi possibili	Half-full duplex	Half-full duplex	Half-full duplex
Formato frame	Diversi	Unico	Unico
Inizio frame	Syn-syn	Flag (01111110)	Flag (01111110)
Fine frame	ETX, ETB, EOT...	Flag (01111110)	Flag (01111110)
Ritrasmissione di un messaggio	Di tipo invia ed aspetta	Dall'errato in poi o frame selezionato	Dall'errato in poi
Massimo num. di frame in linea non confermati	1	127	7
Tipo di controllo del link	Campo di testa opzionale	Campo controllo di 1 o 2 ottetti	Campo controllo di 1 ottetto
Controllo di correttezza frame	VRC/LRC/CRC	CRC tipo CCITT	CRC tipo CCITT
Codici utilizzabili	ASCII, EBCDIC ed altri	Qualsiasi	Qualsiasi
Metodi possibili di indirizzamento	Punto a punto multipunto	Con campo singolo od esteso	Con campo di un ottetto
Lunghezza del campo informazione	N.o 8 caratteri ASCII/EBCDIC	Qualsiasi	N.o 8
Trasparenza del testo	Se in modo trasparente	Mediante inserzione dello zero	Mediante inserzione dello zero
Caratteri di controllo	Sequenze di 1 o 2 caratteri	Flag, Idle, Abort	Flag, Idle, Abort

Tabella 8.1 — Caratteristiche principali dei protocolli BCP e BOP.

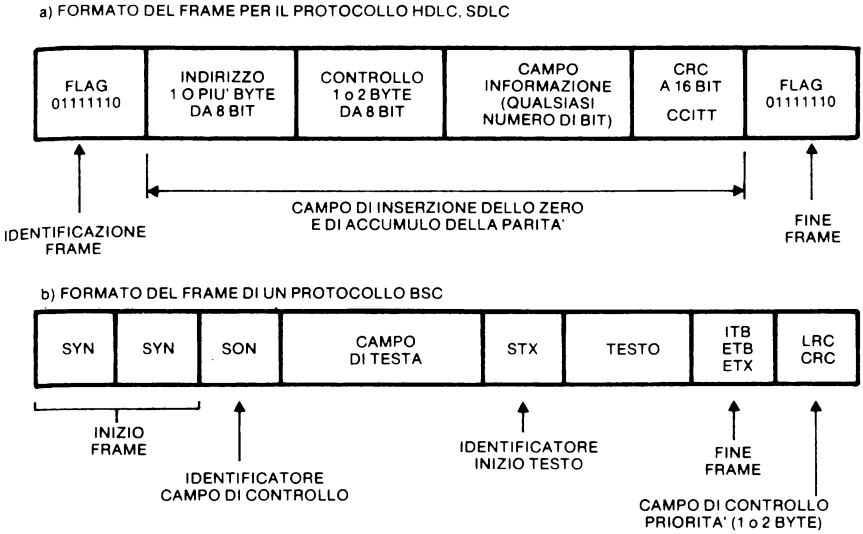


Figura 8.2 — Confronto tra il formato dei frame per protocolli di tipo BCP e BOP.

I protocolli appartenenti alla seconda famiglia si sono sviluppati negli ultimi anni per supportare una trasmissione dati con un alto rendimento e sono tipicamente utilizzati in reti di notevoli dimensioni. I campi non sono più costituiti da uno o più caratteri, in quanto l'unità minima interpretabile diventa il singolo bit, e la interpretazione e suddivisione in campi é realizzata mediante una interpretazione di tipo posizionale. I messaggi inviati con protocolli appartenenti a questa famiglia vengono trasmessi con una struttura ben definita e strettamente limitata ad alcune precise configurazioni (chiamate frame o trame) definite a livello internazionale. Così, mentre un messaggio contenente dati ed inviato con un protocollo appartenente alla prima famiglia può avere lunghezza variabile (così come variabile potrà risultare la lunghezza dei singoli campi), un messaggio con la medesima funzione inviato con un protocollo appartenente alla seconda famiglia avrà una lunghezza ben definita ed invariabile rispetto agli altri messaggi di informazione; inoltre i campi in cui il messaggio è suddiviso si troveranno sempre nella stessa posizione relativa e con la medesima lunghezza.

Ad un aumento della complessità di gestione del protocollo corrisponde una certa semplificazione a livello di linea soprattutto per ciò che riguarda la ricezione del frame, la sua interpretazione e la sua validazione formale. Il significato posizionale dei diversi campi induce infatti una semplificazione hardware e software nella gestione del frame; cosa che non si riscontra nei protocolli della prima famiglia dove, a causa di una disposizione variabile e non prevedibile per la totalità dei caratteri di control-

lo, si deve esaminare ogni carattere ricevuto per decidere se si tratta o meno di un carattere di controllo. I vantaggi ulteriori che derivano dalla utilizzazione di un protocollo bit oriented verranno esaminati quando si passerà a considerare i tipi più caratteristici della famiglia stessa.

LIVELLI DI PROTOCOLLO

Prima di passare all'esame dei protocolli più diffusi appartenenti alle due famiglie descritte, esaminiamo brevemente quali sono le funzioni che un protocollo deve supportare per garantire un trasferimento ordinato di informazioni tra due o più terminali o calcolatori interconnessi (figura 8.3). La parte essenziale di queste funzioni, chiamate nel loro complesso DLC (Data Link Control), è raggruppabile in un insieme che assicura la funzionalità del collegamento. Tali funzioni sono:

- formazione del collegamento e suo abbattimento al termine della fase di trasferimento dati;
- controllo di correttezza dei messaggi ricevuti mediante esame della parità longitudinale, trasversale o di ridondanza ciclica (CRC);
- segnalazione di ricezione corretta o errata verso la stazione trasmittente e gestione della fase di rinvio dei messaggi errati;
- gestione della fase di polling (invito a trasmettere) o selecting (invito a ricevere) sia come stazione primaria o secondaria;
- gestione dei comandi di reset del collegamento, inversione dello stato di master-slave, sconnessione o sospensione della trasmissione.

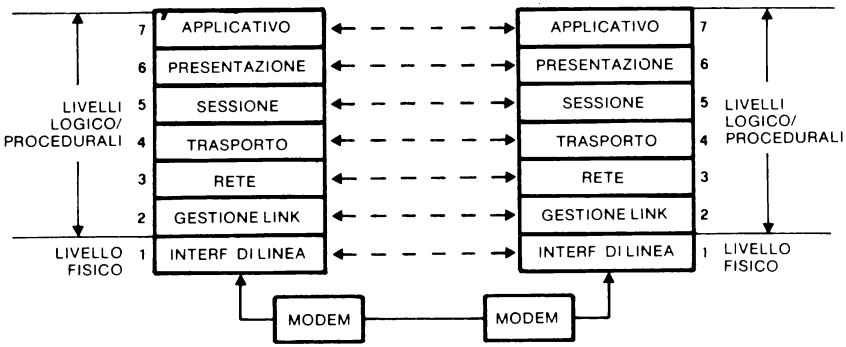


Figura 8.3 — Suddivisione di un protocollo in livelli.

A queste funzioni irrinunciabili e presenti in qualsiasi tipo di protocollo si affiancano nei protocolli di più alto livello funzioni come:

- gestione della bufferizzazione dei messaggi ricevuti od inviati mediante la loro inserzione in apposite aree di memoria tampone, che permettono di ovviare alla momentanea indisponibilità della linea o di cui ne permettono uno sfruttamento più efficace;
- gestione della rete di terminali o calcolatori mediante interventi di riconfigurazione della stessa nel caso di momentaneo fuori servizio di alcuni terminali o di loro impossibilità a soddisfare la mole di lavoro richiesto;
- conversione dei codici in modo da permettere la presentazione del messaggio ricevuto in modo compatibile con il codice di presentazione del terminale (CRT, printer, ecc.);
- gestione del collegamento con il calcolatore host;
- emulazione del protocollo di alto livello di un calcolatore host.

I due gruppi di funzioni precedenti possono coesistere nello stesso livello di protocollo, nel senso che lo stesso package software realizza tutte le funzioni descritte, oppure possono costituire livelli differenti dialoganti tramite opportune aree di memoria. In questo secondo caso si avranno due (o più) processi software attivi contemporaneamente, di cui il primo (detto di primo livello) controlla le funzioni relative al collegamento (DLC) mentre il secondo (secondo livello) controlla il secondo gruppo di funzioni e dialoga con il primo fornendogli i messaggi da trasmettere e ricevendone i messaggi ricevuti utilizzando aree di memoria tampone. Questo secondo livello gestisce inoltre l'invio di comandi particolari, che il primo livello vede come normali messaggi, e che vengono interpretati nel loro giusto significato dal livello corrispondente del terminale a cui sono inviati.

Con lo sviluppo di reti sempre più complesse anche i gruppi funzionali in cui può essere diviso un protocollo (e cioè i suoi livelli) sono andati parimenti crescendo. Costante in questa suddivisione rimane la reciproca indipendenza dei livelli, nel senso che il livello N non ha visibilità del livello N-1 di cui utilizza le funzioni.

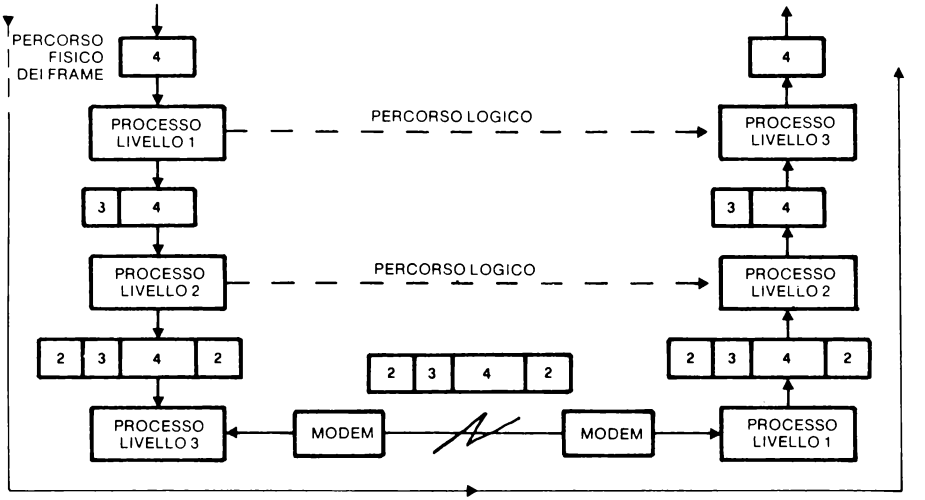
Al momento attuale una suddivisione che si sta stabilizzando vede la struttura di un protocollo come formata da sette livelli (standard ISO ed ECMA), di cui i primi quattro costituiscono i cosidetti livelli di trasporto (permettono l'effettivo invio e ricezione in linea dei messaggi), mentre i rimanenti tre costituiscono i cosiddetti livelli di controllo della sessione di comunicazione, di presentazione ai terminali in modo intelligibile e di controllo di eventuali processi applicativi (se presenti).

Un protocollo, a secondo della complessità delle funzioni realizzate, sarà costituito da uno o più di questi livelli.

È da notare che ogni livello non è conscio del significato del messaggio che gli proviene dal livello superiore e di quali siano le elaborazioni che su di esso compie il

livello inferiore. Questo perchè è in grado di interpretare correttamente solamente messaggi provenienti da livelli di analogo valore (figura 8.4).

I protocolli di tipo BCP utilizzano generalmente i primi due livelli mentre i protocolli di tipo BOP utilizzano anche i livelli superiori.



DA UN PUNTO DI VISTA LOGICO È COME SE IL TRASFERIMENTO DEI DATI AVVENISSE DIRETTAMENTE DA LIVELLO LOGICO A LIVELLO LOGICO, IN QUANTO I SINGOLI PROCESSI UTILIZZANO I LIVELLI INFERIORI SOLAMENTE PER COMUNICARE CON IL PROCESSO DI PARI LIVELLO.
AL MESSAGGIO DA TRASMETTERE OGNI LIVELLO AGGIUNGE LE INFORMAZIONI CHE GLI PERMETTERANNO DI RAGGIUNGERE IL LIVELLO CORRISPONDENTE.

Figura 8.4 — Trasferimento fisico da livello a livello.

Per le reti di calcolatori l'organizzazione internazionale per gli standard (ISO: International Standard Organization) ha recentemente proposto una architettura di sistema suddivisa in sette livelli a cui fa riferimento come modello per l'interconnessione di sistemi aperti.

Va notato che tale suddivisione è solo un suggerimento e non uno standard ben definito ed universalmente accettato anche se la sua diffusione, come modello di riferimento in sede di progetto, acquista un peso sempre crescente. Ogni livello è costituito da un insieme di regole e di procedure che costituiscono il protocollo del livello anche se, poichè tutti i livelli sono coinvolti nella trasmissione delle informazioni, si parlerà di livelli virtuali per i livelli superiori all'1 mentre si parlerà di livello fisico per il livello 1 (essendo quest'ultimo l'unico coinvolto con l'effettivo mezzo trasmissivo utilizzato).

Lo standard definito dall'ISO assegna ai sette livelli le seguenti funzioni:

Livello 1: è costituito da tutte quelle parti che permettono il collegamento fisico ed elettrico tra i terminali e dalle funzioni che permettono di mantenere o di abbattere il link fisico tra i terminali stessi.
Il primo livello può essere realizzato mediante una interfaccia di tipo RS232, RS422, RS423, ecc.

Livello 2: è costituito dalle funzioni che permettono di trasferire correttamente i messaggi di informazione o di controllo mediante il link fisico costituito dal livello 1. Provvede alla formattazione delle informazioni ed alla sincronizzazione dei frame, nonchè alla correzione ed al recupero dei messaggi errati.
Un frame trasmesso è costituito a livello di link dall'indirizzo di destinazione e, se richiesto da un livello superiore, dall'indirizzo di origine: contiene inoltre un codice per la correzione e rivelazione degli errori. L'effettivo campo dati è costituito da quanto viene passato dal livello superiore, indipendentemente dal suo significato o dal codice utilizzato. Protocolli utilizzati per l'implementazione delle funzioni del livello 2 sono l'SDLC IBM, l'HDLC (che fa parte del protocollo X25 come definito dal CCITT) o anche protocolli di tipo BSC. La sua funzione è, in definitiva, quella di garantire il corretto trasferimento delle informazioni utilizzando come supporto fisico il livello 1.

Livello 3: è chiamato anche livello di rete, in quanto è a questo livello che i messaggi uscenti sono suddivisi in pacchetti e che i pacchetti ricevuti vengono riassemblati in messaggi con un significato compiuto per i livelli superiori. Il livello 3 provvede inoltre a reinstradare verso il calcolatore di destinazione pacchetti in transito attraverso il nodo di rete in cui è inserito. Provvede ad indirizzare i messaggi che verranno passati al livello 2 per la loro successiva trasmissione. Le funzioni di livello 3 permettono di gestire una rete di terminali per ciò che riguarda le chiamate da loro indirizzate verso la rete stessa. In una rete a commutazione di pacchetto, come vedremo in seguito, il livello 3 controlla il realizzarsi della connessione logica tra il terminale e la rete.

Livello 4: permette di realizzare funzioni di trasporto in modo indipendente dalla struttura della rete. È il livello responsabile della formazione della connessione desiderata attraverso la rete di calcolatori, sulla base di chiamata e decide, per esempio, quanti canali utilizzare per assicurare il throughput richiesto, o quale è il percorso a costo minore tra quelli possibili.
A questo livello l'esistenza dei livelli inferiori è completamente ignorata e

ciò porta ad identificarlo come il primo dei livelli end to end, quei livelli, cioè, che prescindono dal tipo e dalle caratteristiche della rete utilizzata.

Livello 5: raggruppa le funzioni che permettono il realizzarsi della sessione di lavoro se i servizi richiesti sono disponibili. Oltre a gestire l'evoluzione della sessione di lavoro supporta le eventuali funzioni di identificazione e di tariffazione, nonchè la minimizzazione delle conseguenze di malfunzionamenti di rete quando sono coinvolte applicazioni critiche di aggiornamento di data base o di archivi.

Livello 6: provvede a trasformare, se attivato, le informazioni ricevute ed a presentarle all'utente in modo comprensibile. Di queste funzioni fanno parte la decifrazione di testi, il loro compattamento o la transcodifica.

Livello 7: è costituito da funzioni di supporto e di sistema nell'ambito della sessione. Essendo il vero e proprio livello applicativo è l'unico a completa visibilità da parte dell'utente, il quale vede (o meglio, non vede) tutti gli altri livelli come completamente trasparenti. Completamente nascosta rimane anche la struttura dell'intera rete e la distribuzione topologica delle risorse utilizzate nell'intera durata della sessione di lavoro. Archivi, memoria di massa, funzioni di supporto particolari, sono viste dall'utente come residenti localmente alla stazione di lavoro. Anche se fisicamente si trovano in altri punti della rete.

Pur avendoli enunciati per completezza, non tutti i livelli verranno in seguito analizzati. Solamente i primi 4 entrano infatti nella problematica in oggetto e sono compresi nei tipi di protocolli che verranno esaminati.

STRUTTURA DEL COLLEGAMENTO E PROBLEMI DI SINCRONIZZAZIONE

Nell'analisi dei settori di applicazione dei protocolli della prima e della seconda famiglia, la struttura topologica di riferimento, cioè la struttura di rete secondo la quale i terminali vengono connessi, rientra quasi sempre in uno dei seguenti tipi (figura 8.5):

- collegamento punto a punto half-duplex commutato;
- collegamento punto a punto full-duplex commutato;
- collegamento multipunto full-duplex non commutato;
- collegamento punto a punto full-duplex non commutato;
- collegamento ad anello multipunto.

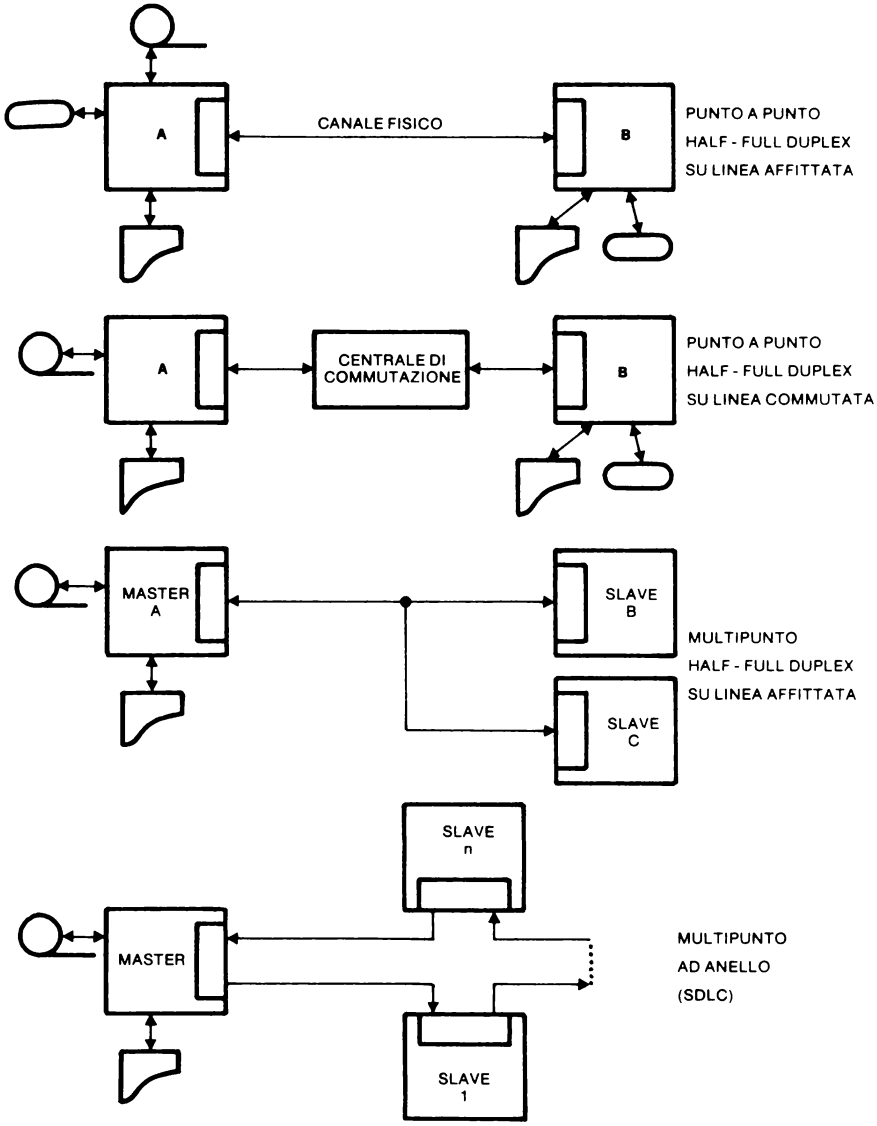


Figura 8.5 — Configurazioni tipiche di rete.

Dove con commutato si intende che il supporto trasmissivo utilizzato è costituito dalla rete telefonica a cui si accede tramite modem, mentre con non commutato si intende l'utilizzazione di una rete per trasmissione di tipo privato o facente uso di doppini affittati dall'ente telefonico di stato. Ne consegue che, in un collegamento di

tipo commutato, è richiesta una fase di formazione del collegamento fisico tra terminale chiamante e chiamato mediante l'invio della selezione e riconoscimento della corrente di chiamata, mentre in un collegamento non commutato questa fase non è richiesta ed i terminali si trovano sempre in collegamento (figura 8.6 e 8.7).

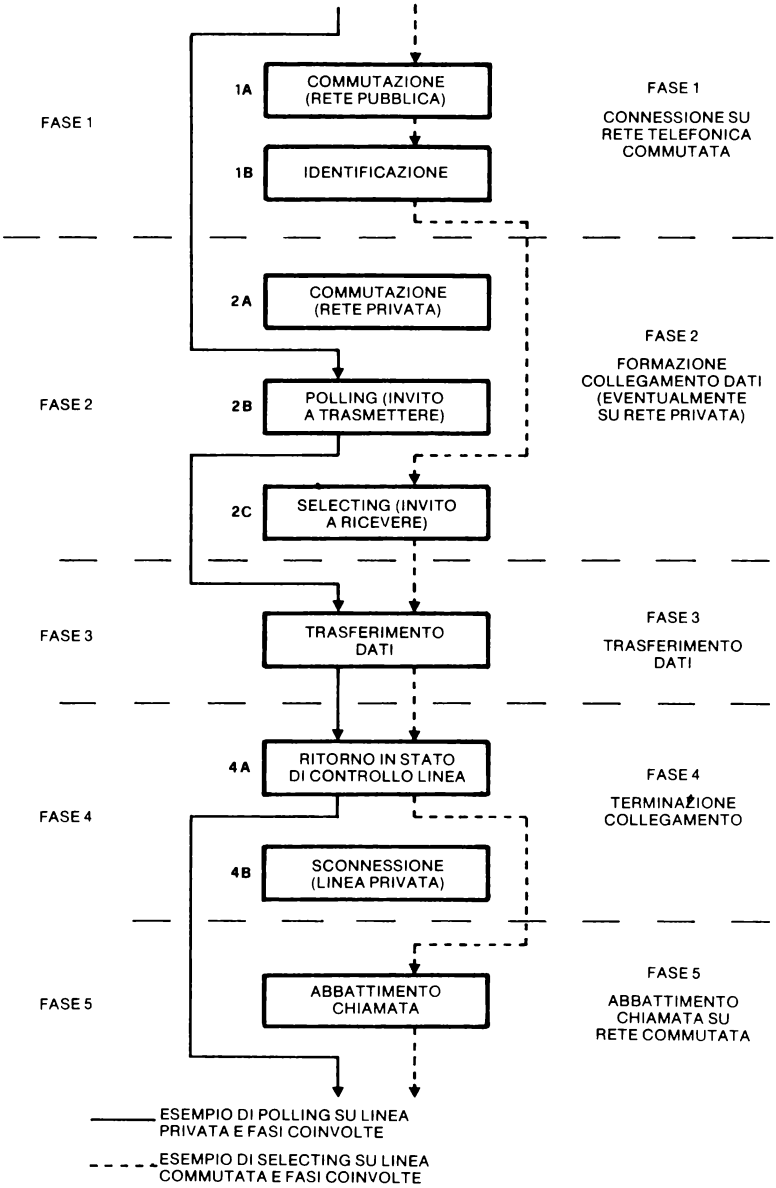
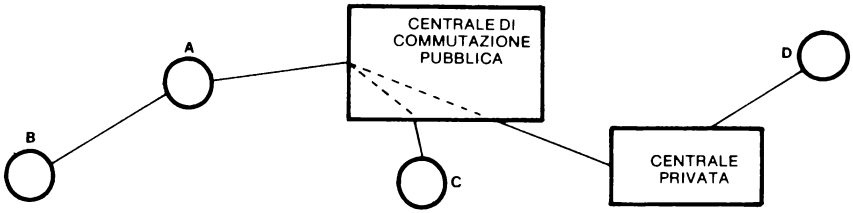


Figura 8.6 — Fasi di un collegamento dati.



TERMINALE		FASI COINVOLTE
CHIAMANTE	CHIAMATO	
A	B	2B/C, 3, 4A
A	C	1, 2B/C, 3, 4A, 5
A	D	1, 2, 3, 4, 5

Figura 8.7 — Fasi interessate in un trasferimento dati in funzione della struttura di rete utilizzata per la connessione tra chiamante e chiamato.

Collegamento di tipo punto a punto

È certamente il tipo di collegamento più semplice da effettuare e da gestire perchè coinvolge solamente due stazioni (terminali). Come tipo di collegamento può essre realizzato sia su linee affittate che commutate e con un funzionamento di tipo half o full-duplex, in funzione della velocità di trasmissione e del programma che controlla il funzionamento del terminale.

Una delle due stazioni è generalmente definita come stazione principale, mentre l'altra è definita come secondaria. Questa definizione si correla con le temporizzazioni interne che regolano la ritrasmissione dei messaggi in caso di contesa (contention) della linea.

Un'evenienza di tale tipo occorre quando entrambe le stazioni incominciano a trasmettere contemporanemanete. In questo caso le stazioni, verificato l'evento, interrompono la trasmissione ed attivano una temporizzazione di alcuni secondi, dopo la quale ricominciano la trasmissione.

La differenziazione in stazione primaria e secondaria agisce proprio per risolvere situazioni di questo tipo (oltre ad altre), nel senso che, essendo la temporizzazione superiore per la stazione secondaria, sarà la stazione primaria a reiniziare per prima l'invio dei messaggi di informazione.

Collegamento di tipo multipunto

Un collegamento di tipo multipunto è realizzabile mediante l'utilizzazione di una o più linee affittate ed è costituito da una o più stazioni collegate in parallelo od in se-

rie (collegamento di tipo ad anello). Particolarità di tale collegamento è l'esistenza di una sola stazione primaria mentre tutte le rimanenti sono stazioni secondarie.

Inoltre, contrariamente a quanto avviene in un collegamento punto a punto, le stazioni secondarie non possono iniziare liberamente la trasmissione di informazioni, essendo tale decisione riservata solamente alla stazione principale. Ciò al fine di evitare che due o più stazioni secondarie, che si vengono a trovare in una fase di contention, continuino a rilasciare ed a reimpegnare la linea ad intervalli fissi, basandosi il loro funzionamento sulla medesima temporizzazione.

La stazione primaria inizia l'invio di messaggi verso uno o più terminali premettendo all'invio una fase di selecting in cui comunica ai terminali interessati (mediante messaggio particolare) di prepararsi a ricevere. Una fase in cui la stazione primaria desidera ricevere messaggi, se disponibili, da una particolare stazione secondaria viene fatta precedere da una fase di polling. Il terminale indirizzato interpreta il messaggio di polling come una richiesta di trasmettere e, se ha dei messaggi presenti nel suo buffer di linea, provvede al loro invio secondo il formato previsto dal protocollo. Per ciò che riguarda invece il tipo di trasmissione si ha generalmente la stazione primaria che trasmette in full-duplex mentre le stazioni secondarie funzionano in half-duplex.

Gestione degli errori nei protocolli BCP e BOP

La differente modalità di gestione dei messaggi errati è una peculiarità delle due famiglie di protocolli che descrive molto bene lo sforzo che si è fatto per migliorare l'utilizzazione della linea fisica utilizzata per la trasmissione. La filosofia utilizzata nei protocolli BCP consiste nell'inviare un messaggio ed aspettare successivamente la ricezione di un messaggio di acquisizione prima di procedere all'invio del messaggio successivo. Il riinvio del messaggio può avvenire dopo un certo tempo dal suo invio se non si riceve nessun messaggio da parte della stazione a cui è destinato, o in seguito alla segnalazione da parte di quest'ultima che il messaggio è stato ricevuto con un errore di parità e quindi inutilizzabile.

Questo tipo di funzionamento chiamato anche "send and wait" (invia ed aspetta) richiede quindi che per ogni messaggio inviato venga obbligatoriamente attesa la conferma di correttezza formale e, sommando i tempi necessari per la ricezione della conferma al tasso di errore mediamente presente sulle linee commutate, si arriva ad una efficienza che può essere del 30-50% di quella effettiva di trasmissione.

Nei protocolli di tipo BOP questa filosofia è stata abbandonata e sostituita da un tipo di funzionamento in cui la trasmissione dei messaggi avviene continuamente, senza la necessità di attendere per ognuno la segnalazione di corretta ricezione da parte della stazione destinataria.

La stazione ricevente richiede alla stazione trasmittente di ripetere l'invio dei soli messaggi errati e, opzionalmente, dei messaggi successivi (figura 8.8).

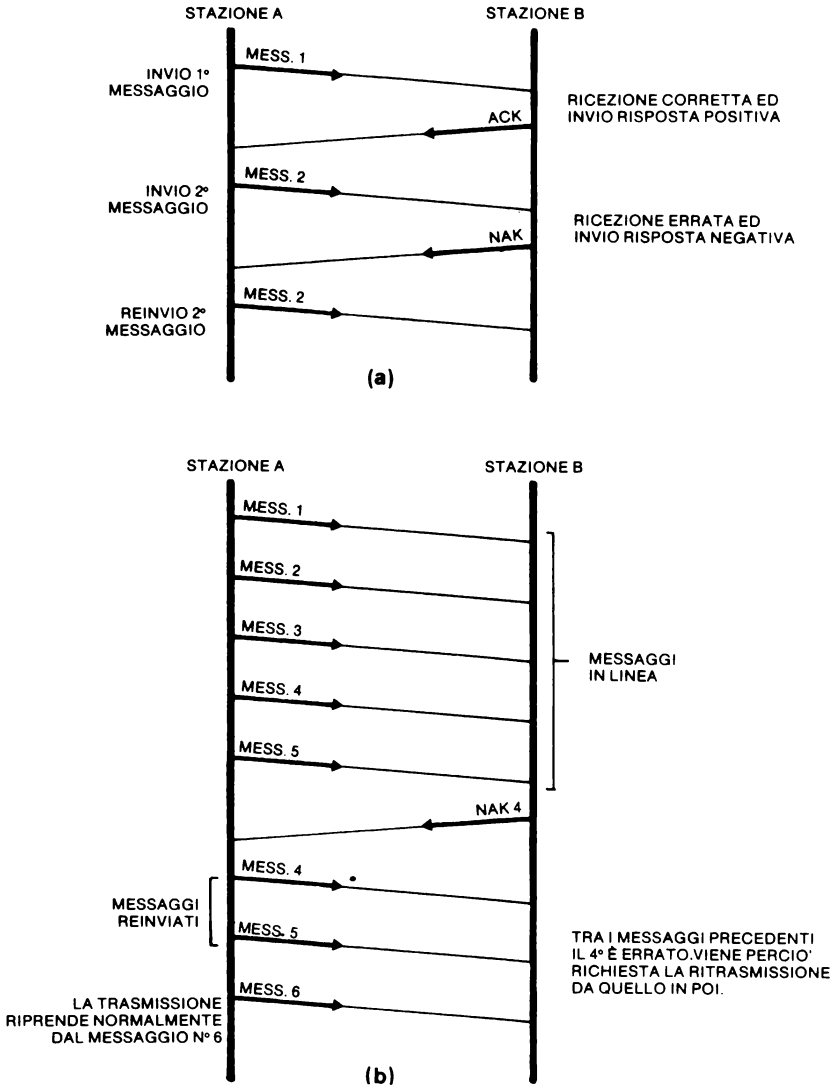


Figura 8.8 — Esempi indicativi della differente gestione degli errori nei protocolli di tipo BCP (a) e BOP (b).

Trasparenza al codice utilizzato

Un'ulteriore distinzione tra protocolli BCP e BOP è costituita dalla trasparenza o meno ai dati trasmessi o ricevuti.

Con questo termine si intende la possibilità di trasmettere e ricevere l'intero set di

caratteri del codice utilizzato (in generale si fa riferimento al codice EBCDIC a 8 bit) quando alcune configurazioni presenti nel messaggio assumono l'aspetto, non voluto, di carattere di controllo.

Se stiamo infatti trasmettendo il codice oggetto di un programma questa eventualità è molto probabile e può portare all'impossibilità assoluta di trasmettere. Nei protocolli di tipo BCP questo problema viene risolto abbastanza onerosamente facendo precedere gli effettivi caratteri di controllo dal carattere DLE, così come un DLE dovrà precedere un carattere non di controllo che casualmente assuma il valore simile al DLE (figura 8.9.).

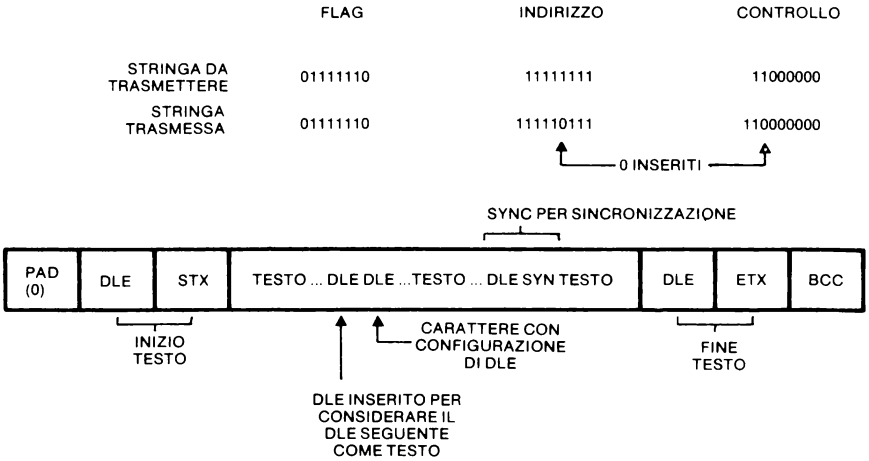


Figura 8.9 — La trasparenza nei protocolli BOP e BCP. Nei primi è realizzata con la tecnica di inserzione/estrazione dello ∅, mentre nei protocolli di tipo BCP la trasparenza del testo si ottiene facendo precedere il carattere DLE ai caratteri di controllo.

Questa problematica non esiste invece nei protocolli di tipo BOP in quanto il significato posizionale dei campi permette di inserire nel campo contenente l'effettiva informazione caratteri di qualsiasi valore nell'ambito dei 256 possibili, con un carattere costituito da 8 bit (2^8=256). L'unico problema per questi protocolli consiste nel far sì che configurazioni del campo informazioni non assumano il significato di flag di fine messaggio (costituito da uno zero, sei uni ed uno zero), di abort del messaggio (da 7 a 14 bit consecutivi con valore 1) o di idle (15 o più bit a 1 consecutivi). Il problema viene risolto semplicemente mediante la tecnica di inserzione di uno zero. Dopo il flag di inizio messaggio ogni configurazione di più di 5 uni consecutivi viene interrotta mediante la inserzione di uno zero in modo da non avere combinazione di significato particolare (figura 8.9).

Il terminale ricevente provvederà in ricezione ad eliminare, dopo il flag iniziale, tutti gli zeri che seguono configurazioni costituite da 5 uni consecutivi ripristinando l'effettiva sequenza del messaggio.

CAPITOLO 9

PROTOCOLLI DI COMUNICAZIONE BSC

I PROTOCOLLI BSC

I protocolli di comunicazione BSC hanno fatto la loro comparsa quando i protocolli di tipo start-stop non sono più stati in grado di coprire le gamme di velocità richieste per trasmettere in modo economicamente valido i nuovi volumi di traffico prodotti da centri EDP o da stazioni di data entry.

Nei protocolli BSC la trasmissione avviene senza necessità di bit di start e di stop addizionali, come si riscontra per i terminali asincroni, essendo la sincronizzazione tra stazione trasmittente e ricevente ottenuta con altri sistemi. I dati vengono trasmessi in linea con una temporizzazione derivata da un clock fornito dalla stazione trasmittente ottenuta dal terminale o dal modem. Mentre nella trasmissione asincrona ogni carattere contiene il bit di sincronizzazione, nel protocolli BSC la sincronizzazione viene ottenuta inviando in linea dei caratteri particolari che precedono immediatamente l'invio in linea dei dati stessi.

Presso la stazione ricevente questi caratteri di sincronizzazione vengono utilizzati dal modem o dalla circuiteria di input/output del terminale per stabilire la corretta sincronizzazione e quindi leggere ed intepretare correttamente i caratteri successivi che rappresentano l'informazione effettiva.

A questa sincronizzazione a livello di segnale corrisponde, a livello procedurale, un secondo tipo di sincronizzazione, che viene ottenuta mediante messaggi di conferma della correttezza del messaggio ricevuto inviati dalla stazione ricevente alla stazione trasmittente. Questo secondo livello di sincronizzazione, che possiamo chiamare di messaggio, permette di rimediare agli inevitabili errori dovuti a disturbi di linea che alterano la struttura del messaggio stesso rendendolo incomprensibile.

Di protocolli di tipo BSC ne esistono diversi, in funzione della casa che li ha introdotti sul mercato, della sofisticazione del terminale a cui dovevano permettere la possibilità di trasmissione dati ed infine della struttura di rete di cui diventavano il protocollo di linea.

Esempi sono il protocollo 2780, 3780, 3741 IBM, ognuno corrispondente ad una stazione di data entry o data communication con funzioni e caratteristiche ben pre-

cise. Pur con le proprie peculiarità tutti questi protocolli (ed altri) hanno caratteristiche che permettono di trattarli, da un punto di vista generale, allo stesso modo in quanto sia la sequenza di trasmissione dei dati che la maggior parte dei caratteri utilizzati per delimitare il frame ed i diversi campi che lo costituiscono sono sostanzialmente gli stessi.

STRUTTURA DEI MESSAGGI

I messaggi BSC sono costituiti da un campo informazione vero e proprio, formato da un numero di byte che dipende dal sistema e dal tipo specifico del protocollo, e da caratteri di controllo che lo precedono e lo seguono e che possono variare in funzione del protocollo. I caratteri di controllo generalmente utilizzati ed il loro significato sono descritti in seguito.

Un approfondimento si impone allo scopo di chiarire cosa si intende per modo testo o per modo linea che si vede abbinato ad alcuni dei caratteri di controllo la cui funzione è descritta più avanti (tabella 9.1).

Per modo testo si intende la fase in cui il terminale ricevente o trasmittente sta trasmettendo o ricevendo effettivi caratteri di informazione, mentre per modo linea si intende quella fase che precede o segue quella appena descritta in cui la stazione trasmittente si appresta ad inviare in linea i caratteri di controllo, mentre la stazione ricevente è in attesa di un carattere di controllo che le preannunci il successivo arrivo di informazioni.

SOH e STX pongono quindi la linea (e cioè i terminali connessi) in modo testo in quanto, successivamente, vengono inviati caratteri dati, mentre EOT la pone in modo controllo perchè in seguito deve essere trasmesso un carattere di controllo prima di poter procedere all'invio di nuovi dati.

FORMATO DEI MESSAGGI

La struttura più generale di un messaggio BSC è costituita da un campo testo (o di informazione o messaggio) contenente i dati effettivi da trasferire dalla stazione trasmittente alla ricevente, preceduto da un campo di controllo generalmente con funzione di indirizzamento e seguito da un campo contenente la parità del messaggio per il riscontro di eventuali errori di trasmissione.

La struttura dei messaggi più comuni è la seguente:

1 – SYN, SYN, STX, TESTO, ETX, BCC

2 – SYN, SYN, STX, TESTO, ETB, BCC

3 – SYN, SYN, SOH, HEADING, STX, TESTO, ETX, BCC

4 – SYN, SYN, SOH, HEADING, STX, TESTO, ETB, BCC

5 – SYN, SYN, SOH, HEADING, ETB, BCC

Il messaggio 1 corrisponde all'invio di informazioni su un collegamento di tipo punto a punto ed il carattere ETX finale indica che a questo messaggio non ne seguiranno altri, mentre il messaggio 2 ha la stessa funzione del precedente con la differenza che il carattere di controllo finale ETB indica che, dopo la ricezione della conferma da parte della stazione ricevente, seguiranno altri messaggi.

I messaggi 3 e 4 hanno le stesse funzioni rispettivamente dei messaggi 1 e 2, ma vengono utilizzati su collegamenti multipunto in cui la stazione destinataria è individuata dal campo header (contenente l'indirizzo del terminale a cui il messaggio è inviato) delimitato da SOH e STX.

A questi formati relativi al trasferimento di informazioni si affiancano messaggi di supervisione di vario tipo. Particolarmente interessante è considerare il formato utilizzato nel funzionamento in multipunto da parte della stazione master per invitare la stazione slave a trasmettere (polling) od a ricevere (selecting). Il formato dell'enquiry, in questo caso, include l'indirizzo del terminale da selezionare, eventualmente ripetuto per problemi di sicurezza nella realizzazione dell'indirizzamento:

– *polling:* SYN, SYN, SYN, EOT, INDIRIZZO (POLLING), INDIRIZZO (POLLING), ENQ.

Il carattere EOT iniziale ha la funzione di porre la linea in modo controllo, mentre ENQ ha la funzione di richiedere al terminale, indirizzato dal campo indirizzo, se lo stesso ha messaggi da inviare.

Se il terminale indirizzato risponde con un messaggio EOT, vuol dire che non ha niente da trasmettere, altrimenti provvederà ad inviare un messaggio ACK0/1.

– *selecting:* SYN, SYN, SYN, EOT, INDIRIZZO (SELECT), INDIRIZZO (SELECT), ENQ.

La selezione di un terminale a cui deve essere inviato un messaggio avviene con un messaggio il cui formato è uguale a quanto utilizzato per realizzare il polling. Risulta però diverso l'indirizzo utilizzato, in quanto lo stesso terminale appare con un nome diverso a secondo che lo stesso debba trasmettere o ricevere. Se il terminale ha più periferiche a cui possono essere inviati dati (unità nastro, disco, stampante ecc...) la particolare unità di input/output viene indirizzata aggiungendo al campo indirizzo del terminale un campo di indirizzo della periferica. Il messaggio di polling/selecting assume così il seguente formato:

SYN, SYN, SYN, EOT, INDIRIZZO (POLLING/SELECT), DISPOSITIVO, ENQ.

Dei messaggi di supervisione fa parte anche il messaggio di disconnessione, la cui funzione è di indicare alla stazione ricevente la fine della sessione di trasmissione. A questo messaggio può seguire o meno l'effettivo abbattimento del collegamento, a secondo che si utilizzi una linea affittata od una linea commutata.

– *sconnessione* SYN, SYN, SYN, EOT

FORMAZIONE E MANTENIMENTO DEL COLLEGAMENTO

Come si è visto in precedenza i protocolli BSC sono correlati alla struttura di rete in cui sono inseriti.

Si hanno due tipi di collegamento, punto a punto e multipunto, e la loro influenza sulle caratteristiche del protocollo non è trascurabile.

In un collegamento punto a punto si può verificare un evento chiamato «contention» (contesa) che consiste nell'invio contemporaneo in linea da parte delle due stazioni della sequenza di inizio di un collegamento (line bid). Questo inconveniente, che può portare alla impossibilità a trasmettere, viene eliminato definendo una stazione come master e l'altra come slave. Una denominazione alternativa fa riferimento alle due stazioni con i nomi di primaria e di secondaria.

La stazione definita come master o primaria può eseguire il line bid della linea con frequenza maggiore della stazione secondaria; al verificarsi di una situazione di contention, sarà quindi lei ad inviare successivamente per prima in linea la nuova richiesta. Quando la connessione è realizzata fra un calcolatore host ed un terminale, è l'host che viene definito come master, mentre nel caso si connettano due terminali, si dovrà definire inizialmente quale è la stazione da considerare come primaria. La temporizzazione con cui la stazione master esegue il line bid è tipicamente di 1s, mentre per la stazione secondaria può essere di 2s o 3s.

Le strutture di tipo multipunto vedono generalmente un certo numero di terminali collegati sulla stessa linea, dialoganti con un calcolatore host.

Risulta evidente come un collegamento di tale tipo possa essere realizzato solamente mediante la utilizzazione di linee private od affittate e come, per garantire un corretto colloquio, sia indispensabile definire una sola stazione master che avrà la responsabilità di iniziare il dialogo con le stazioni secondarie. La stazione primaria interrogherà periodicamente tutte le stazioni secondarie per permettere loro di trasmettere i dati accumulati o, sempre ciclicamente, procederà all'invio dei dati richiesti dalla stazione stessa.

Queste selezioni vengono chiamate fasi di polling e di selecting.

Con il polling l'host interroga i terminali allo scopo di permettere loro l'invio dei dati, mentre con il selecting li attiva in modo che possano ricevere dati originati dall'host stesso.

FASI DI UN COLLEGAMENTO

Le fasi in cui può essere suddiviso un collegamento sono la fase di apertura, la fase dati e la fase di chiusura od abbattimento.

La fase di apertura si differenzia a secondo che la topologia di rete sia di tipo punto a punto (figura 9.1) o multipunto (figura 9.2). Nel primo caso questa fase vede la richiesta di apertura del dialogo da parte del terminale che ha qualche cosa da trasmettere, mentre nel secondo caso verrà definito, mediante un opportuno formato del messaggio, se l'apertura del dialogo corrisponde ad una fase di polling o di selecting da parte dell'unità master.

La richiesta di apertura del dialogo viene fatta mediante l'invio del carattere «ENQ» (enquiry) e da esso prende il nome. Normalmente si parla infatti di fase di enquiry e non di fase di apertura o di inizio trasmissione. Alla fase di enquiry eseguita dall'unità master (multipunto) o dall'unità che ha dati da trasmettere (punto a punto), la stazione indirizzata risponde, se disponibile, con un messaggio di acquisizione. A questa risposta di disponibilità al dialogo segue il passaggio di entrambe le stazioni in fase dati, ed inizia l'effettivo scambio di informazioni.

Si possono tuttavia verificare alcuni casi particolari che complicano l'evoluzione della fase di enquiry e possono ritardare, od annullare del tutto, il passaggio in fase dati.

La stazione indirizzata non risponde: questo si può verificare quando la stazione chiamata è fuori servizio o la linea è interrotta o troppo disturbata. In questa condi-

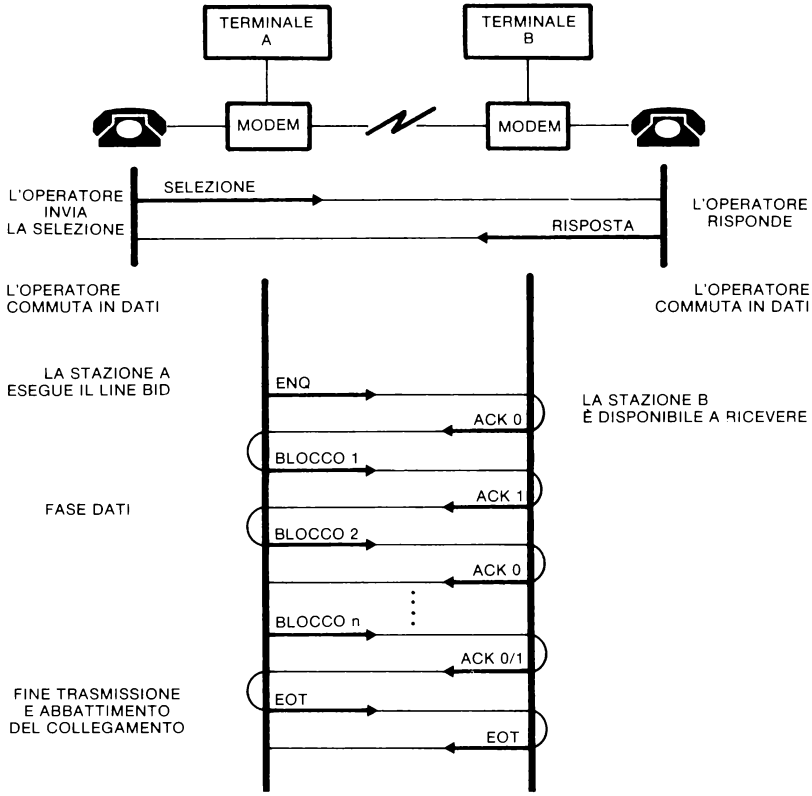


Figura 9.1 — Esempio di collegamento punto a punto.

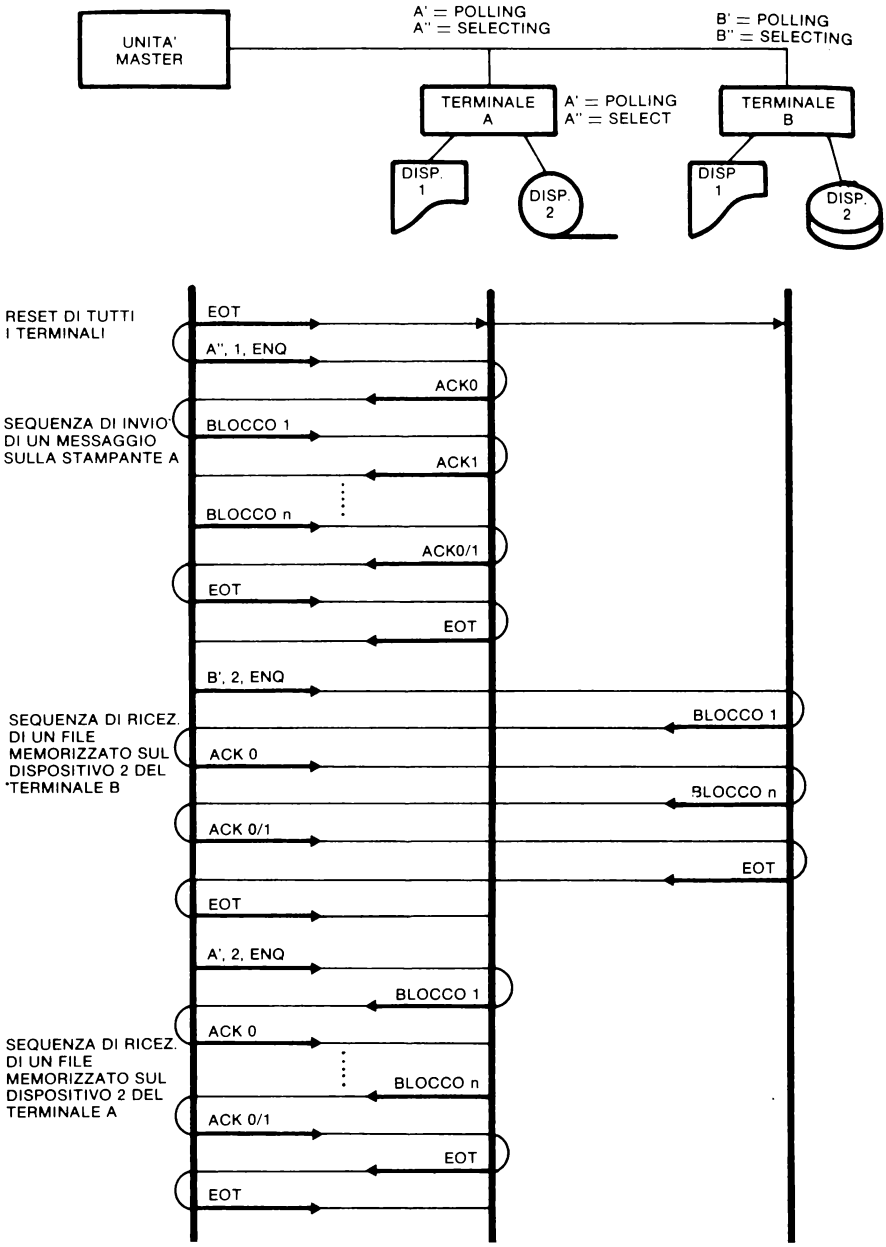


Figura 9.2 — Esempio di collegamento multipunto.

zione la stazione chiamante provvede a reinviare con intervalli di 1 ÷ 3s (a secondo che sia definita come primaria o secondaria) il messaggio di enquiry sino a che la stazione chiamata non risponde, o il messaggio di enquiry non è stato ripetuto per un numero prestabilito di volte (tipicamente 15). Se la stazione continua a non rispondere, il collegamento viene abbattuto.

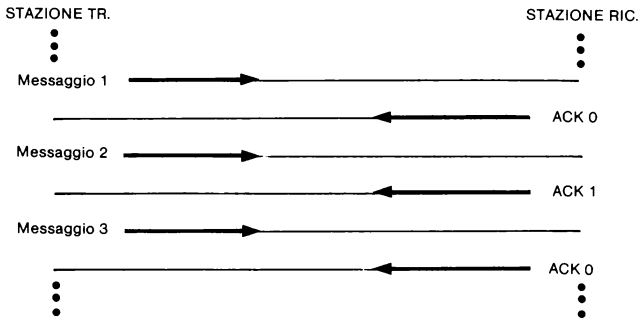
La stazione indirizzata non è disponibile: se la stazione chiamata non è disponibile risponde all'enquiry con un messaggio di indisponibilità (carattere NAK). La stazione chiamante ripete, anche in questo caso, la fase di enquiry per un numero prefissato di volte, e se la stazione chiamata continua a rispondere con una segnalazione di indisponibilità, procederà alla fase di abbattimento del collegamento.

Terminata positivamente la fase di enquiry le due stazioni entrano nella fase dati, all'interno della quale avviene l'effettivo scambio di informazioni tra la stazione trasmittente e la ricevente (e ciò indipendentemente dalla definizione di stazione master o slave).

Nella fase dati i caratteri che formano il messaggio da inviare alla stazione destinataria vengono formattati secondo la struttura specifica del tipo di protocollo, ed inviati alla stazione ricevente.

Quest'ultima, successivamente alla loro ricezione, ne esamina la correttezza formale, controllando la presenza dei diversi campi e relativi caratteri di controllo e, verificata la correttezza del messaggio ricevuto, ne segnala il riscontro inviando alla stazione trasmittente un messaggio di acquisizione costituito dal carattere ACK (da cui la fase, chiamata più comunemente di acknowledge, prende il nome). Allo scopo di rilevare l'eventuale perdita di un messaggio, di acquisizione l'acknowledge avviene alternando nella risposta i caratteri ACK0 e ACK1. L'unità trasmittente che si vede riscontrare i messaggi inviati con due successivi messaggi di acknowledge identici (ACK0 o ACK1) può rivelare un errore di linea, e procedere a una fase di ripetizione per eliminare il malfunzionamento.

L'alternanza di invio da parte delle due stazioni dei messaggi:



continua sino al completo invio dei dati tra le stazioni.

Esistono tuttavia alcuni casi in cui questa sequenza viene interrotta e sostituita da altre, la cui funzione è di rimediare ad errori di linea o a casi di momentanea impossibilità a trasmettere od a ricevere da parte dei terminali (figura 9.3).

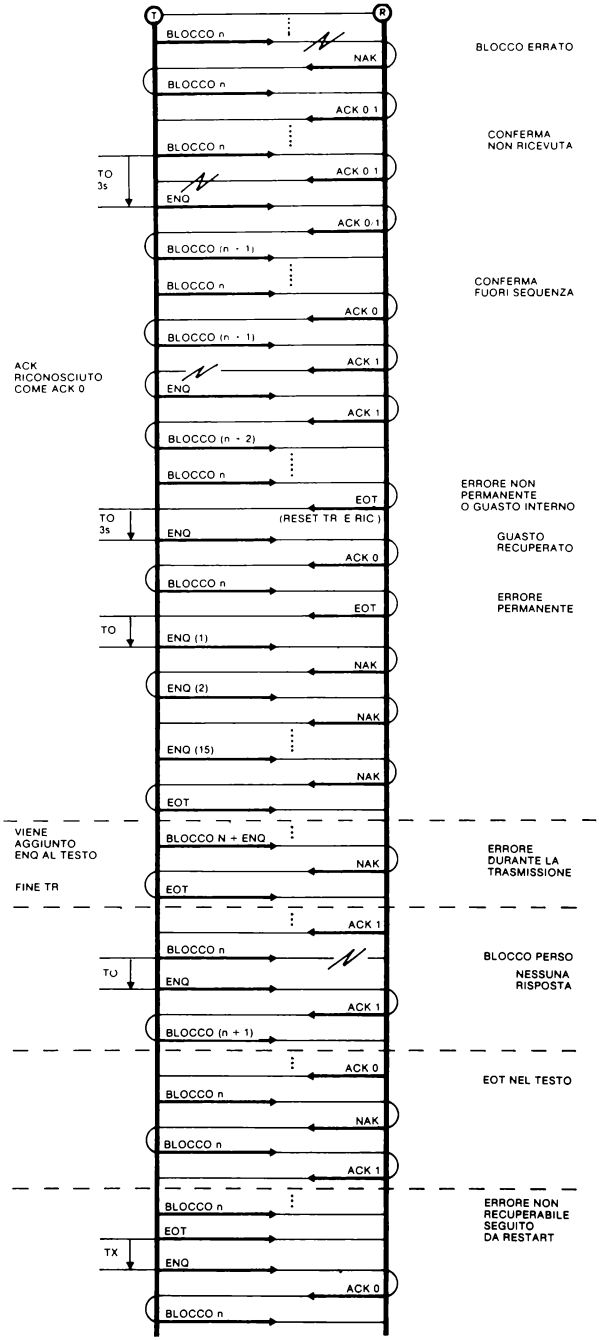
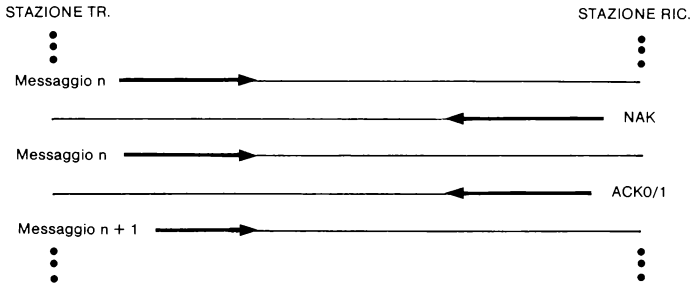


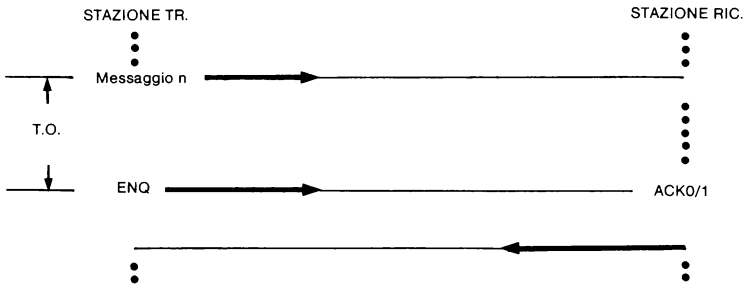
Figura 9.3 — Condizioni di errore e sequenze di recovery.

Messaggio di informazione errato: quando un messaggio di informazione viene ricevuto con un errore di parità, invece del messaggio ACKO/1 viene risposto con un messaggio chiamato di acquisizione negativa NAK (negative acknowledge). La stazione trasmittente provvede successivamente al reinvio dell'ultimo messaggio trasmesso.



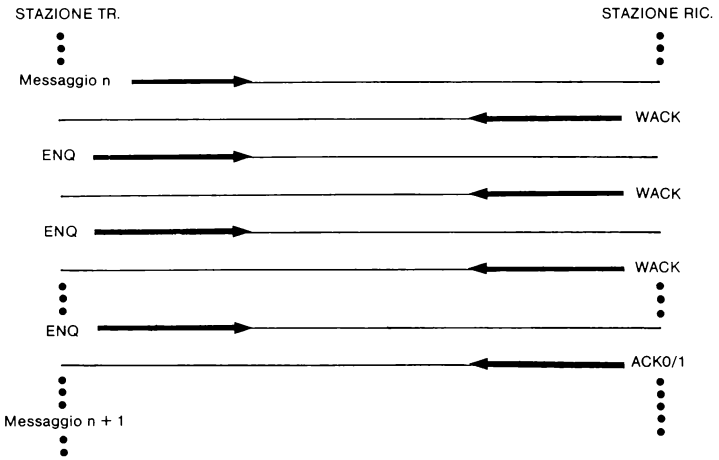
Non viene ricevuto il messaggio di acquisizione: ciò si verifica quando un disturbo di linea rende irriconoscibile un messaggio di acknowledge inviato dalla stazione ricevente alla trasmittente.

Trascorso un tempo predeterminato dall'invio del messaggio, la stazione trasmittente invia alla stazione ricevente un messaggio di enquiry la cui funzione è di richiedere il reinvio del messaggio di acquisizione.



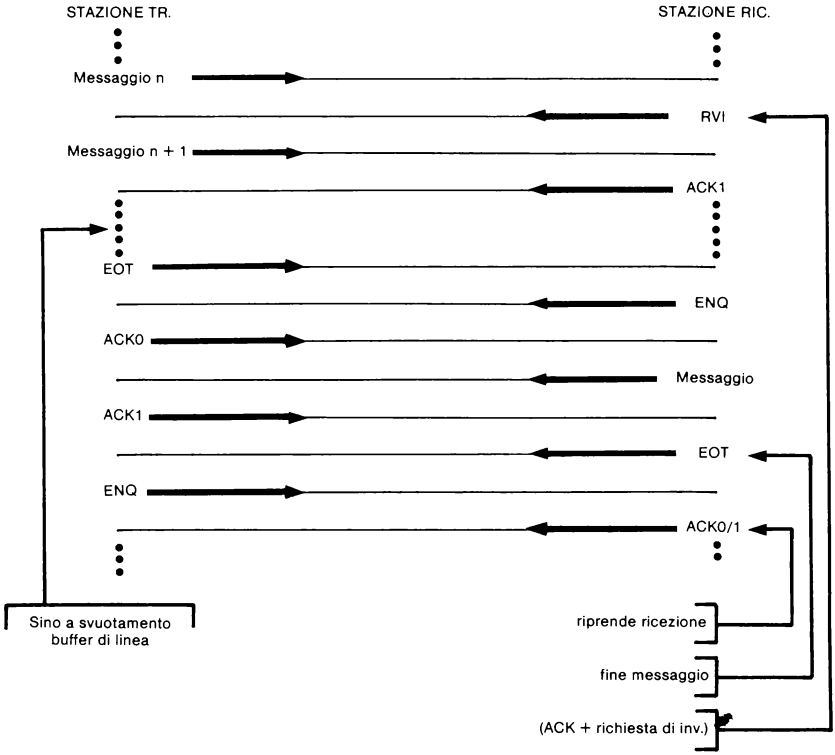
Stazione ricevente impossibilitata a rispondere: questa condizione si verifica quando la stazione ricevente, essendo impegnata in altre funzioni, non può procedere all'esame del messaggio ricevuto e alla sua acquisizione. Nello stesso tempo,

però, desidera mantenere il collegamento, congelando momentaneamente la fase attuale. La stazione ricevente segnala questa sua condizione inviando alla stazione trasmittente il messaggio WACK (wait acknowledge) formato dai caratteri DLE, 6B con il significato di 'aspetta risposta'. A questo messaggio la stazione trasmittente replica con il messaggio di ENQ, e lo scambio prosegue senza alcun time out sino a che la stazione ricevente non provvede all'invio del messaggio di acquisizione dell'ultimo messaggio ricevuto.



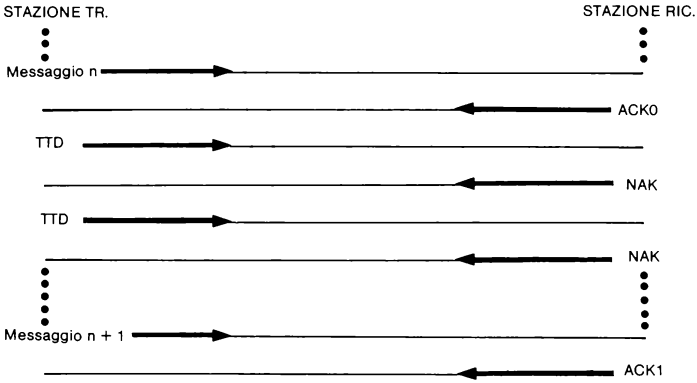
Richiesta di inversione della trasmissione: questa condizione si verifica quando la stazione ricevente ha la necessità di inviare urgentemente dei messaggi alla stazione trasmittente, e per far ciò non può aspettare che termini normalmente l'invio dei messaggi.

La richiesta di invertire il senso di trasmissione avviene da parte della stazione ricevente mediante l'invio del messaggio RVI costituito dai caratteri DLE, 7C (col significato di reverse interrupt). Alla ricezione di questo messaggio la stazione trasmittente svuota il buffer di trasmissione, inviando in linea il messaggio eventualmente presente, e successivamente provvede all'invio del messaggio EOT con significato di possibilità a ricevere. La stazione ricevente esegue a questo punto la fase di enquiry, trasmette il messaggio e termina la trasmissione con l'invio di EOT. La stazione corrispondente, ricevuto l'EOT, esegue a sua volta la fase di enquiry e, ricevuta conferma, riprende la trasmissione dal messaggio successivo all'ultimo trasmesso e correttamente acquisito. La sequenza di linea è la seguente:



Stazione trasmittente impossibilitata a trasmettere: si verifica quando la stazione trasmittente non è in grado di inviare in linea un messaggio a causa di condizioni di lavoro particolarmente intense o corrispondenti a momenti in cui si deve provvedere al caricamento di nuovi file da trasmettere. Il link logico, con la stazione ricevente, viene mantenuto inviando in lina il messaggio TTD (termporary text delay) che notifica, alla stazione ricevente, come la trasmissione avverrà appena possibile.

La sequenza di momentanea sospensione della trasmissione è la seguente:



A causa delle differenze funzionali esistenti tra i protocolli di tipo BSC in funzione della struttura di rete a cui fanno riferimento, si parla generalmente di BSC1, BSC2, BSC3 in modo da non dover dettagliare ulteriormente queste condizioni al contorno, ma riferendosi così, univocamente e semplicemente, ad una ben precisa struttura topologica di rete.

– *BSC 1:* si parla di BSC1 quando ci si riferisce alle caratteristiche funzionali di un protocollo BSC, utilizzato su linea punto a punto fissa (affittata, privata, ecc...). Un protocollo BSC1 permette la selezione del codice utilizzato (ASCII o EBCDIC), la trasmissione in multiblocco e la trasmissione/ricezione trasparente (figura 9.4). Protocolli che possono essere utilizzati come BSC1 sono il 2770, 3780, 2780, 3740.

INSERZIONE/ESTRAZIONE DLE

MESSAGGIO DA TRASMETTERE

DLE, STX, CH, CH, DLE, CH, .. CH, CH, CH, DLE, ETX

INIZIO TRASPARENZA — FINE TRASPARENZA

MESSAGGIO IN LINEA

DLE, STX, CH, CH, ..., DLE, DLE, CH, ..., CH, DLE, ETX

INSERZIONE AUTOMATICA

SEQUENZA TRASM. O RIC.	DATO	CONTR.
DLE ETB		ETB
DLE DLE	DLE	
X ETB	X ETB	
X ETX	X ETX	
X SYN	X SYN	
DLE SYN		PADDING
DLE STX		STX
DLE DLE DLE ETB	DLE	ETB
DLE DLE DLE DLE	DLE DLE	
DLE DLE ETB	DLE ETB	

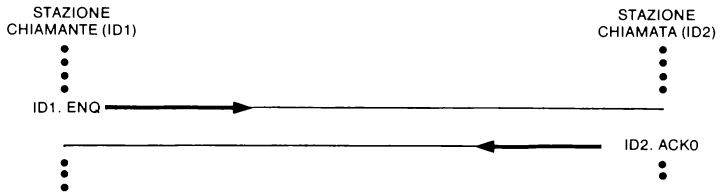
MESSAGGIO RICEVUTO

DLE, STX, CH, ..., CH, , DLE, CH, ..., CH, ETX

ESTRAZIONE AUTOMATICA

Figura 9.4 – Trasmissione trasparente di un testo mediante estrazione/inserzione automatica del carattere DLE.

– *BSC 2:* è utilizzato per collegamenti punto a punto in cui il supporto trasmissivo sia costituito dalla rete telefonica commutata (pubblica o privata). È sostanzialmente simile al BSC1, differenziandosi da esso solamente nella fase di formazione del collegamento tra stazione chiamante e chiamata. La connessione fisica può inoltre essere stabilita sia in modo manuale che automatico. Stabilita a livello fisico la connessione (evento indicato dalle apposite segnalazioni del modem) le stazioni eseguono il test della connessione, scambiandosi una sequenza di identificazione del tipo:



Non ha importanza quale delle due stazioni proceda all'invio dell'enquiry iniziale.

– *BSC 3:* i protocolli di tipo BSC3 vengono utilizzati in strutture topologiche di tipo multipunto in cui l'unica stazione master controlla la trasmissione mediante le procedure di polling e di selecting.

Le caratteristiche specifiche sono le stesse già elencate per il BSC1.

STRUTTURA DEI MESSAGGI

Sino ad ora ci siamo riferiti ai dati trasmessi col generico nome di messaggi. Vediamo più in dettaglio quale sia il formato di questi messaggi prendendo in esame il protocollo 2780 che, a questo proposito, si presenta particolarmente tipico ed oltremodo diffuso e conosciuto, sia riferito alla macchina IBM originale, utilizzata per la trasmissione di dati contenuti su scheda perforata, sia come emulatore presente sulla quasi totalità dei calcolatori che realizzano funzioni di trasmissione dati e remote Job entry.

Il messaggio è costituito da uno o più blocchi iniziati dal carattere di controllo STX, e terminati da ETB o ETX, a seconda che si tratti o no dell'ultimo blocco del messaggio trasmesso (figura 9.5).

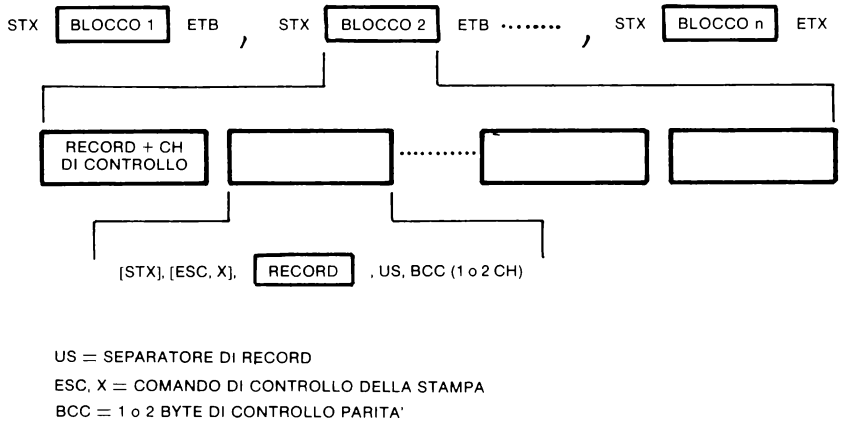


Figura 9.5 — Struttura di un blocco BSC 2780/3780.

I blocchi sono poi (a loro volta) composti da uno o più record sino ad un numero massimo di caratteri. Generalmente si possono avere sino a 7 record o sino a 400 caratteri. Il blocco termina quando una delle due condizioni viene raggiunta. Per scopi di delimitazione, potendo la lunghezza dei record variare, gli stessi vengono separati per mezzo di un carattere di separazione (US per unit separator) mentre il record che termina un blocco viene seguito immediatamente da un ETB od un ETX.

Opzionalmente ogni record può essere fatto precedere dal carattere STX, cosa tra l'altro obbligatoria per il primo record del blocco, mentre subito dopo i caratteri ETX, ETB, US viene inserito il/i caratteri di controllo della parità.

La struttura del codice di parità varia in funzione del codice utilizzato nella trasmissione. Se il codice è l'EBCDIC (8 bit), i caratteri di controllo sono due ed il loro valore ha le caratteristiche di un codice ciclico di ridondanza. Se il codice è l'ASCII a 7 bit, viene utilizzato un solo carattere, che costituisce la ridondanza longitudinale, del record. Infine con codice a 6 bit, il codice di parità è costituito da due caratteri a 6 bit, con valore di codice ciclico.

Il/i caratteri costituenti il BCC (block check character) vengono verificati dalla stazione ricevente che li calcola indipendentemente sul messaggio ricevuto, e verifica che il valore ottenuto sia congruente con quanto ricevuto. Se ciò non si verifica è richiesta la ritrasmissione del messaggio.

Un caso particolare si presenta quando i messaggi vengono inviati ad una line printer per la presentazione delle informazioni sotto forma di tabulato. In questo caso risulta infatti necessario aggiungere, all'interno del blocco, delle informazioni che permettano il corretto e desiderato posizionamento della testina di stampa ed il corretto salto a canale (una particolare linea del tabulato). Il formattamento verticale desiderato si ottiene mediante caratteri particolari allocati prima di un record da stampare i quali definiscono l'azione di posizionamento che deve essere attuata dopo che la stampa del record in oggetto è stata effettuata. I caratteri utilizzati per indicare il posizionamento del carrello sono ESC seguito da un codice che indica quale tipo di spaziatura deve essere utilizzata o quale è il canale a cui si deve saltare dopo la stampa del record seguente il codice di controllo.

CARATTERI DI CONTROLLO DEL FORMATO E DEL COLLEGAMENTO

I caratteri di controllo vengono utilizzati sia singolarmente che sotto forma di sequenze predefinite, allo scopo di controllare l'evoluzione del collegamento, le funzioni di tipo end-to-end e il controllo del funzionamento delle periferiche collegate alla stazione remota a cui vengono inviati i dati.

Nelle tabelle 9.1, 9.2 e 9.3 viene data una descrizione concisa dei singoli caratteri o sequenze dal punto di vista della loro utilizzazione.

BSC CAR.	HEX.	DISP.IN	FUNZIONE
ACKO/1	70/61	2780/3780	Utilizzato per rispondere positivamente alla ricezione di un blocco dati; utilizzato per rispondere positivamente alla stazione che esegue il line bid della linea;
DLE	10	2780/3780	utilizzato con altri caratteri permette di realizzare funzioni di controllo; utilizzato nel funzionamento in modo trasparente per individuare i caratteri di controllo;
ENQ	2D	2780/3780	utilizzato per richiedere il reinvio dell'ultima risposta inviata; serve poi per indicare al terminale ricevente che deve scartare quanto di un blocco è stato ricevuto in precedenza;
EOT	37	2780/3780	indica la fine di una sessione di trasmissione, pone la linea in modo controllo e resetta tutti i dispositivi ad essa connessi;
ETB	26	2780/3780	indica la fine di un blocco di testo intermedio, richiede l'invio di un messaggio di conferma alla stazione ricevente;
ETX	03	2780/3780	indica che il blocco ricevuto é l'ultimo di una serie e richiede una conferma al messaggio;
IUS	1F	2780/3780	utilizzato per segmentare un messaggio in modo da poter effettuare dei controlli di correttezza parziali;
NAK	3D	2780/3780	utilizzato per richiedere la ritrasmissione dell'ultimo blocco ricevuto; durante la sequenza di line bid indica la non disponibilità della stazione;
RVI	10-7C	2780/3780	utilizzato come risposta positiva invece di ACKO/1 segnala alla stazione trasmittente che la ricevente ha un messaggio urgente da trasmettere e richiede perciò l'inversione del senso di tramsissione (mentre la possibilità di riconoscere la sequenza RVI è obbligatoria, la capacità di inviarla è opzionale);
SOH	01	2780/3780	ulitizzato per richiedere l'inizio di un blocco di caratteri con funzione di servizio come per esempio informazioni per il reinstradamento del messaggio o l'indirizzo sorgente/destinatario;
STX	02	2780/3780	indica l'inizio di un messaggio e contemporaneamente indica (se presente) la fine di un campo di intestazione; attiva la funzione di controllo della parità;

Tabella 9.1 — Controllo del link e del formato.

BSC CAR.	HEX.	DISP. IN	FUNZIONE
SYN	32	2780/3780	utilizzato per sincronizzare la stazione trasmittente con la stazione ricevente;
TTD	02-2D	2780/3780	sequenza utilizzata dalla unità trasmittente per mantenere il controllo della linea in attesa che il tasto da trasmettere sia disponibile;
WACK	10-6B	2780/3780	costituisce una risposta positiva ad un blocco ricevuto e contemporaneamente segnala alla stazione trasmittente la temporanea inabilità a ricevere ulteriori messaggi (mentre il riconoscimento della sequenza WACK è obbligatorio per i dispositivi BSC, la capacità di inviarla è opzionale).

Tabella 9.1 — (continua)

BSC CAR.	HEX	DISP. IN	FUNZIONE
ESC	27	2780/3780	Permette di selezionare il dispositivo desiderato della stazione ricevente; la sequenza ESC-3 ed ESC-4 permettono di selezionare rispettivamente la stampante od il perforatore di schede di una macchina 2780; attiva la funzione di salto a canale per il posizionamento del carrello di stampa della stazione ricevente;
BELL	2F	2780/3780	quando una stazione si trova in modo controllo può segnalare all'unità remota mediante il suo invio che è richiesta una comunicazione in fonia con l'operatore che presidia la stazione;
HT	05	2780/3780	ha la funzione analoga al tasto di tabulazione orizzontale in quanto permette di posizionare il carrello nella stazione ricevente mediante l'invio di un record di formato e successivamente del carattere HT;
VT	0B	2780/3780	inizia un ciclo di stampa presso la stazione ricevente causandone un salto al canale relativo;
FF	0C	solo 3780	causa un salto al canale 1 della stampante della stazione ricevente corrispondente all'inizio di una pagina di stampa;
LF	25	solo 3780	utilizzato per iniziare un ciclo di stampa e successivamente saltare una linea; la definizione come LF è valida quando i terminali lavorano con codice EBCDIC; se viene utilizzato il codice ASCII l'LF viene definito con il carattere NL (New Line);

Tabella 9.2 — Caratteri di controllo delle funzioni end-to end.

BSC CAR.	HEX	DISP. IN	FUNZIONE
NL	15	solo 3780	indica la fine di una linea di stampa e, dopo la stampa, causa il posizionamento del carrello della stazione ricevente all'inizio della riga successiva;
EM	19	solo 2780	utilizzato per troncare gli spazi indesiderati;
IGS	1D	solo 3780	utilizzato per realizzare la funzione di compressione ed espansione di un numero di blank che con una sequenza di controllo di due byte, può raggiungere un massimo di 63; è da notare che la funzione di compressione ed espanzione trova applicazione solo se il trasferimento dei dati dalla stazione trasmittente alla ricevente non avviene in modo trasparente;
IRS	1E	solo 3780	attiva la funzione realizzata dal carattere NL.

Tabella 9.2 — (continua)

Il posizionamento del carrello di stampa viene ottenuto mediante sequenze di due caratteri iniziate dal carattere ESC.
La stazione destinataria, dopo aver ricevuto una di queste sequenze, provvede alla stampa del record che segue e successivamente effettua il posizionamento della testina di stampa all'inizio del canale desiderato.
La corrispondenza canale-linea di stampa deve essere prefissata in precedenza mediante le procedure hardware o software descritte dal manuale operativo della periferica e specifiche generalmente di ogni terminale.

CARATTERE DI CONTROLLO	2780	3780
ESC/	spazio singolo	spazio singolo
ESC S	spazio doppio	spazio doppio
ESC T	spazio triplo	spazio triplo
ESC A	salto a canale 1	salto a canale 1
ESC B	salto a canale 2	salto a canale 2
ESC C	salto a canale 3	salto a canale 3
ESC D	salto a canale 4	salto a canale 4
ESC E	salto a canale 5	salto a canale 5
ESC F	salto a canale 6	salto a canale 6
ESC G	salto a canale 7	salto a canale 7
ESC H	salto a canale 8	salto a canale 8
ESC I	non implementato	salto a canale 9
ESC J	non implementato	salto a canale 10
ESC K	non implementato	salto a canale 11
ESC L	non implementato	salto a canale 12
ESC M	non implementato	soppressione spazi

Tabella 9.3 — Caratteri di controllo del formato di stampa.

La tabella 9.4 illustra invece i caratteri di controllo del codice ASCII.

8-BIT ASCII			7-BIT ASCII		
	BINARIO	ES.		BINARIO	ES.
ACK	10000110	86	ACK	0000110	06
BEL	10000111	87	BEL	0000111	07
BS	10001000	88	BS	0001000	08
CAN	10011000	98	CAN	0011000	18
CR	10001101	8D	CR	0001101	0D
DC1	10010001	91	DC1	0010001	11
DC2	10010010	92	DC2	0010010	12
DC3	10010011	93	DC3	0010011	13
DC4	10010100	94	DC4	0010100	14
DEL	11111111	FF	DEL	1111111	7F
DLE	10010000	90	DLE	0010000	10
EM	10011001	99	EM	0011001	19
ENQ	10000101	85	ENQ	0000101	05
EOT	10000100	84	EOT	0000100	04
ESC	10011011	9B	ESC	0011011	1B
ETB	10010111	97	ETB	0010111	17
ETX	10000011	83	ETX	0000011	03
FF	10001100	8C	FF	0001100	0C
FS	10011100	9C	FS	0011100	1C
GS	10011101	9D	GS	0011101	1D
HT	10001001	89	HT	0001001	09
LF	10001010	8A	LF	0001010	0A
NAK	10010101	95	NAK	0010101	15
NUL	10000000	80	NUL	0000000	00
RS	10011110	9E	RS	0011110	1E
SI	10001111	8F	SI	0001111	0F
SO	10001110	8E	SO	0001110	0E
SOH	10000001	81	SOH	0000001	01
STX	10000010	82	STX	0000010	02
SUB	10011010	9A	SUB	0011010	1A
SYN	10010110	96	SYN	0010110	16
US	10011111	9F	US	0011111	1F
VT	10001011	8B	VT	0001011	0B

Tabella 9.4 — Valore dei caratteri di controllo nei codici ASCII a 8 e 7 bit.

CAPITOLO 10

I PROTOCOLLI DI TIPO BIT ORIENTED

La diffusione di protocolli «bit oriented» procede parallelamente al diffondersi di reti pubbliche e private locali o regionali e tale diffusione, sempre crescente, è oggigiorno molto facilitata dalla disponibilità sul mercato di circuiti integrati che provvedono alla gestione delle funzioni più onerose, come il calcolo del CRC, l'inserzione/estrazione dello zero o la individuazione del flag di inizio e fine frame.

In seguito vengono descritti i due protocolli che, essendo il primo quello adottato dalla IBM nelle sue reti SNA ed il secondo quello proposto come standard internazionale dal CCITT per la realizzazione delle reti a pacchetto, sono certamente i più caratteristici e rappresentativi della famiglia.

PROTOCOLLO SDLC

Il protocollo SDLC è un protocollo di tipo bit oriented del tutto indipendente, contrariamente a quanto si riscontra nei diversi tipi di BSC, dall'hardware e dal software di sistema, garantendo così la completa indipendenza delle funzioni di gestione della linea dalle funzioni dedicate alla gestione della rete. Le modalità con cui può avvenire la trasmissione tra unità master ed unità slave è del tipo half o full duplex, mentre, dal punto di vista topologico, l'SDLC supporta sia collegamenti di tipo punto a punto che multipunto.

In una rete multipunto è inoltre possibile un funzionamento di tipo misto in cui la stazione master (principale) funziona in full duplex, mentre le stazioni secondarie funzionano in half duplex.

È così possibile, da parte della stazione master, procedere all'invio di dati verso una stazione secondaria e, contemporaneamente, ricevere da una seconda stazione secondaria il messaggio di risposta ad una precedente fase di polling (Fig. 10.1).

Il protocollo SDLC ha rappresentato e rappresenta tuttora uno sviluppo importante nel settore della trasmissione dati in quanto i protocolli BSC hanno coperto, e coprono tuttora, abbastanza bene le applicazioni TP in cui si ha una interazione più o

meno spinta tra terminale od operatore e calcolatore host locale e remoto, mentre strutture inerenti al collegamento diretto tra calcolatori sono diventate economicamente valide e diffuse solamente con l'avvento di protocolli della famiglia a cui appartiene l'SDLC.

La modalità con cui vengono trasmessi i dati è di tipo continuo, ed ogni gruppo di dati è delimitato da una configurazione iniziale e finale chiamata flag, costituita da uno zero, sei uno ed uno zero.

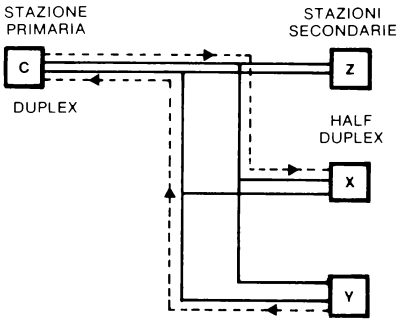


Figura 10.1 — con questa struttura la stazione primaria, mentre invia frame al terminale X, può contemporaneamente ricevere frame dal terminale Y.

STAZIONI PRIMARIE E SECONDARIE

L'assegnazione delle funzioni viene fatta quando la rete è progettata, e ciò implica la suddivisione delle stazioni in primarie e secondarie.

È la stazione primaria che ha la responsabilità della gestione del collegamento e dell'invio dei comandi, ai quali tutte le altre stazioni possono solamente rispondere. Ne consegue che tutte le trasmissioni provengono, o sono dirette, da/verso la stazione primaria.

Il ruolo reale di una stazione, in un certo istante, è però legato anche al livello gerarchico che occupa nella rete in cui è inserita.

Se consideriamo una rete a più livelli il cui protocollo di rete sia l'SDLC, una stazione che funziona da secondaria verso un livello superiore potrà contemporaneamente essere vista come primaria da tutte le stazioni di livello gerarchico inferiore (Fig. 10.2).

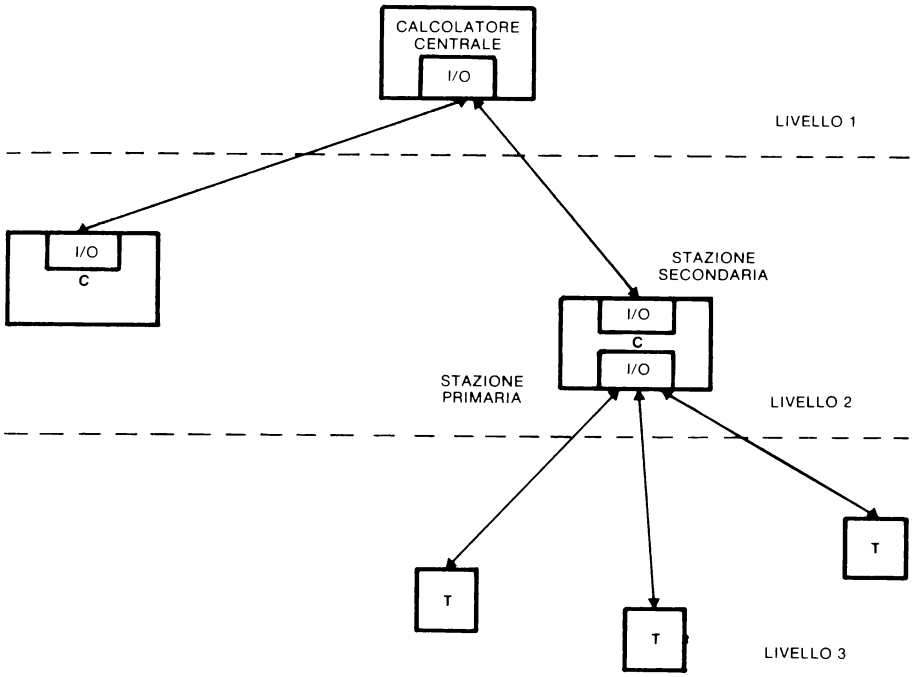


Figura 10.2 — L'assegnazione della funzione di master o di slave dipende dal livello verso cui è esercitata.

STRUTTURA DEI MESSAGGI SDLC

Lo scambio delle informazioni tra le unità principali e secondarie avviene mediante messaggi chiamati «Frame», o trame, di formato fisso.

Per ciò che riguarda l'importanza dei frame possiamo ancora parlare di due livelli gerarchici. Il primo livello è costituito dal singolo frame che agisce come supporto per l'invio dei comandi, delle risposte e delle informazioni trasmesse o ricevute. Il secondo livello è invece costituito da una sequenza di frame del numero necessario per la trasmissione completa dei dati da inviare alla stazione destinataria.

La stazione che invia questa sequenza deve provvedere alla numerazione ed al conteggio progressivo dei frame inviati, aggiornando degli opportuni contatori interni il cui valore dovrà essere inserito in campi appositi del frame trasmesso. Il contatore progressivo dei frame trasmessi (ed il relativo campo del frame) è chiamato NS.

Funzione sostanzialmente simmetrica svolge la stazione ricevente sui frame ricevuti, provvedendo a conteggiare progressivamente i frame corretti ricevuti.

Analogamente al contatore NS viene utilizzato un contatore chiamato NR che è

incrementato ad ogni ricezione di frame assumendo il valore non dell'attuale numero di frame ricevuti, bensì il numero progressivo del frame che si aspetta. Se sono stati ricevuti correttamente dieci frame, NS assumerà quindi il valore undici, e tale valore dovrà coincidere nel frame successivo con quanto indicato dal campo NS del frame stesso. Se alla ricezione di un frame il contatore NS ed il contatore NR contengono valori diversi, il frame è considerato fuori sequenza, viene scartato ed il contatore NR non viene incrementato.

La gestione di come trattare i frame fuori sequenza è lasciata alla decisione del singolo utente.

CAMPI COSTITUTIVI DI UN FRAME

Come abbiamo già visto, i messaggi inerenti ad una sessione di comunicazione vengono inviati in linea verso la stazione destinataria secondo un formato chiamato frame. Ogni frame è costituito da un numero di campi che, partendo dall'inizio del frame, sono rispettivamente (Figura 10.3):

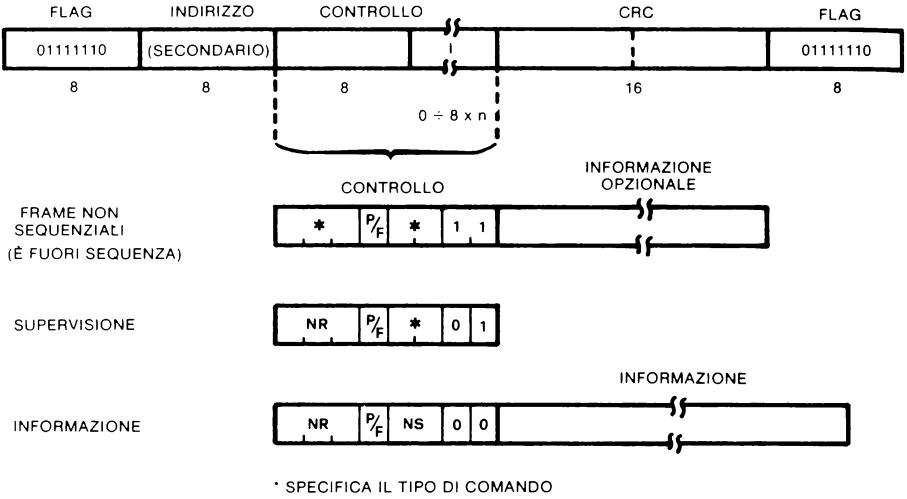


Figura 10.3 — Formato del frame.

Flag (F): flag iniziale il cui scopo è di permettere al protocollo l'individuazione di un frame e l'attivazione delle procedure di ricezione e di controllo della sua correttezza formale. Occupa un campo di 8 bit con configurazione fissa (01111110). Oltre che come flag di apertura può essere trasmesso in linea come riempitivo (PADDING) allo scopo di mantenere la sincronizzazione tra le unità che partecipano alla sessione di trasmissione.

– *Campo indirizzo (A):* è successivo al flag di apertura ed è costituito da 8 bit consecutivi che rappresentano l'indirizzo della stazione secondaria a cui il frame è indirizzato. Poichè è la stazione primaria che ha il compito di gestire la rete, il campo indirizzi conterrà l'indirizzo della stazione secondaria se inviato dalla stazione primaria, mentre se il frame origina in una stazione secondaria ed è diretto verso la primaria, conterrà l'indirizzo della stazione secondaria in quanto non è necessario individuare la stazione primaria.
– *Campo controllo (C):* il campo controllo è costituito da un insieme di 8 bit consecutivi che seguono direttamente il campo indirizzo. Si possono avere tre formati diversi del campo controllo, a seconda che si tratti di un frame di tipo non sequenziale, di supervisione o di informazione.
– *Campo informazione (I):* è il campo che contiene le informazioni o i dati che devono essere trasferiti dalla stazione trasmittente alla ricevente, la sua lunghezza è un multiplo di 8 bit. mentre tutti gli altri campi sono presenti in tutti i tipi di frame, il campo informazione manca nei frame che hanno la funzione di controllare il corretto funzionamento del link o che svolgono funzioni di supervisione.
– *Campo di controllo errori (FCS* - Frame Check Sequence): è costituito da 16 bit consecutivi e la sua funzione è quella di permettere l'individuazione di errori di trasmissione dovuti a disturbi di linea.

Il contenuto del campo costituisce il risultato di una operazione matematica realizzata sull'insieme di tutti i bit che lo precedono, il cui valore globale viene diviso per un polinomio generatore.
– *Flag finale (F):* indica la fine di un frame e la sua struttura è uguale a quella del flag di inizio frame.

FUNZIONI DELLA STAZIONE PRIMARIA E SECONDARIA

La stazione primaria ha la responsabilità di controllo dei link e della gestione della sessione di trasmissione ed ha a sua disposizione l'intero set di comandi previsti dal protocollo SDLC.

La stazione secondaria, oltre a disporre di un set di comandi ridotto, ha un modo di funzionamento condizionato dal modo operativo che le viene assegnato. È la stazione primaria che sceglie questo modo e che, attraverso frame di controllo, lo comunica alla secondaria. I modi operativi sono i seguenti:
– *Normal Response Mode (NRM):* con questo modo la stazione secondaria può trasmettere solamente in risposta ad un frame proveniente dalla primaria contenente l'indicazione di polling (bit P = 1).

Nei frame che, in risposta a tale interrogazione, la stazione secondaria invia alla primaria, lo stesso bit assume il significato di frame intermedio quando è a zero, mentre se è ad uno indica che il frame è l'ultimo della sequenza. (Il bit P ha in pratica funzione analoga all'ETB (P=0) e all'ETX (P = 1) che si utilizzano nei protocolli BSC per indicare i frame intermedi ed il finale di una sessione trasmissiva).
– *Normal Disconnect Mode (NDM):* con questo nome ci si riferisce ad una condizione in cui la stazione secondaria è offline e risponde solamente ai comandi che at-

tivano uno dei modi operativi possibili. Se alla stazione secondaria vengono inviati comandi validi, ma che non attivano uno dei modi operativi, la stazione risponde inviando alla stazione principale un frame che richiede lo stato della linea o il comando di inizializzazione.
– *Initialization Mode:* è uno stato specificato dal sistema di utente che permette di predefinire la condizione delle unità alla attivazione.

TIPI DI FRAME E LORO FUNZIONE

I tre tipi di frame supportati dal protocollo SDLC rispondono a esigenze ben precise inerenti al trasferimento dati ed al controllo del link. Le caratteristiche più rilevanti di ogni formato sono le seguenti:
– *Frame di informazione:* sono i frame utilizzati per trasferire informazioni dalla stazione trasmittente alla ricevente. I dati da trasmettere sono inseriti nel campo informazione del frame, mentre il numero di sequenza (NS) è inserito nel campo controllo.

Il sottocampo utilizzato per realizzare tale conteggio è costituito da 3 bit e ciò limita il numero dei frame che possono essere ricevuti senza essere confermati. Per definizione ciò conduce ad una limitazione, per cui il massimo numero di frame ricevuti, ma non confermati, non deve essere superiore a sette.

– *Frame di supervisione:* sono frame (individuati da un apposito formato) la cui funzione è di supervisione del link come, per esempio, la conferma della corretta ricezione di frame di informazione, la richiesta di ritrasmissione di frame errati o di sospensione temporanea della trasmissione a causa di sovraccarichi locali o remoti.

I frame di supervisione possono essere inviati in linea inframmezzati a frame di informazione e, anche se sono generalmente utilizzati per notifiche alle stazioni secondarie, servono anche per l'invio di richieste di stato o di conferme a messaggi in precedenza ricevuti.

Trattandosi di frame di controllo, non contenenti alcuna informazione, la loro emissione o ricezione non causa l'incremento dei contatori NS ed NR.

– *Frame fuori sequenza (o non sequenziali):* sono frame di tipo particolare utilizzati per la gestione del link come, per esempio, l'attivazione o disattivazione di una particolare stazione secondaria od il modo in cui la stazione secondaria deve lavorare. Contrariamente ai frame di supervisione si può avere un campo di informazione.

Mentre un frame di supervisione contiene il valore del contatore NR (numero del frame che la stazione si aspetta), in un frame fuori sequenza entrambi i campi NR ed NS sono inutilizzati.

FUNZIONE DEL BIT P/F (POLL/FINAL)

Il bit indicato come P/F ha una funzione particolare, assumendo un significato diverso (precisamente come P o come F) a seconda del frame in cui è inserito ed a

seconda che il frame sia un frame di informazione o di controllo inviato o ricevuto. Questo bit assume il significato di P (polling) se viene inviato dalla stazione primaria ed il significato di F (final) se inviato dalla stazione secondaria in risposta ad un bit P. Quando, su polling della stazione secondaria, la medesima inizia l'invio di una sequenza di frame, il campo relativo al bit F avrà valore zero in tutti i frame tranne l'ultimo nel quale, assumendo il valore uno, notifica alla stazione primaria la fine della sequenza di dati per cui il polling era stato effettuato. Per motivi di chiarezza è possibile avere in linea un solo messaggio con un bit P in attesa di una risposta contenente un bit F.

ANNULLAMENTO DI UN FRAME (ABORT)

È una funzione riservata all'unità trasmittente e permette di interrompere la trasmissione di un frame quando viene rilevata una condizione di errore. La funzione di abort viene attivata mediante l'invio in linea di una sequenza consecutiva di almeno 8 bit con valore uno. Se alla condizione di abort seguono almeno altri 7 bit con valore uno (per un totale di quindici), il link si porta nello stato di idle. Se la condizione di abort è seguita dall'invio di un flag si avrà l'azzeramento, lato stazione ricevente, della funzione di accumulazione e di calcolo del CRC. A causa della suddivisione in stazione primaria o secondaria, una stazione apparentemente a quest'ultima classe, che attiva la funzione di abort di un frame, non potrà iniziare una nuova trasmissione sino a quando la stazione primaria non provvederà all'invio del comando relativo.

COMANDI E RISPOSTE

Il set di comandi disponibili può essere suddiviso in base al tipo di frame in cui può essere inserito.

COMANDI IN FRAME NON SEQUENZIALI

NSI (Non sequenced Information): permette il trasferimento di informazioni fuori sequenza (cioè non strettamente correlate ai dati in fase di trasferimento) e non viene riscontrato dalla stazione ricevente.

SNRM (Set Normal Response Mode): subordina il funzionamento della stazione secondaria alla principale ed azzera i contatori NS ed NR. A questo comando la stazione secondaria risponde con NSA.

DISC (DISConnect): pone la stazione secondaria off line sino alla ricezione di un successivo comando SNRM o SIM.

NSA (Non Sequenced Ack): utilizzato per inviare una risposta affermativa fuori sequenza ad un comando di tipo SNRM, DISC, SIM.
RQI (Re Quest for Initialization): è inviato dalla stazione secondaria per richiedere alla stazione primaria l'invio di un comando di inizializzazione del modo operativo.

SIM (Set Initialization Mode): inizializza procedure di sistema residenti nella stazione secondaria in modo da attivare le funzioni inerenti alla gestione del link. I contatori NR ed NS di entrambe le stazioni vengono azzerati.

ROL (Request On Line): è inviato dalla stazione secondaria per indicare la propria condizione (stato) di disconnessione.

CMDR (CoMmanD Reject): viene trasmesso dalla stazione secondaria quando la stessa, trovandosi in normal response mode, riceve un comando invalido.

FORMATO DI SUPERVISIONE

RR (Receive Ready): conferma la ricezione dei frame mediante la segnalazione contenuta in NR del prossimo frame che ci si aspetta. Viene quindi confermata la corretta ricezione di NR-1 frame.

RNR (Receive Not Ready): indica che la stazione è temporaneamente occupata (es. buffer di ricezione non disponibile) e segnala l'attesa del frame con numero di sequenza pari a NR.

REJ (REJect): conferma la ricezione dei frame con numero di sequenza sino ad NR-1, e chiede la ritrasmissione dei frame a partire da NR.

STATI DEL COLLEGAMENTO

Gli stati fondamentali attraverso i quali si evolve un collegamento realizzato mediante il protocollo SDLC sono:

TRANSITORIO INIZIALE (CHANNEL SET UP)

È la condizione in cui si trova il terminale quando la stazione si appresta a trasmettere. La stazione ha inviato il comando di «request to send» al DCE ed aspetta la risposta «clear to send» per iniziare l'effettiva trasmissione.

In tale stato vengono intraprese le azioni necessarie per il set up del canale di trasmissione.

— stato di "idle"

Una stazione si trova nello stato di idle quando, terminato il transitorio iniziale, riceve più di 14 bit consecutivi con valore uno.

— stato attivo

È lo stato di "non idle" corrispondente ad una stazione che sta attivamente trasmettendo o ricevendo frame. Nel caso la trasmissione avvenga su un canale di tipo full duplex, una direzione può essere nello stato di idle, mentre l'altra si trova nello stato attivo.

FINESTRA DI TRASMISSIONE DEI FRAME

Come è già stato detto, il numero massimo di frame che una stazione può inviare in linea, senza che gli stessi siano segnalati come correttamente ricevuti dalla stazione destinataria, è pari a sette. Dopo tale numero la stazione trasmittente attenderà il riconoscimento di quelli trasmessi prima di procedere all'invio di frame successivi.

In linguaggio tecnico ci si riferisce a questo modo di evolvere con il termine di "finestra di trasmissione" (figura 10.4). La finestra ha una larghezza variabile da zero ad un massimo di sette. I limiti corrispondono per il valore inferiore all'ultimo valore NR inviato dalla stazione ricevente alla trasmittente (ultimo record confermato come ricevuto correttamente), e per il valore superiore al valore di NS relativo ai frame trasmessi dalla stazione trasmittente. Quando la differenza tra NS ed NR è uguale a 7, la finestra raggiunge il valore massimo di apertura (corrispondente al numero massimo di frame non riconosciuti come corretti dalla stazione ricevente che si possono avere in linea) e la trasmissione viene sospesa. Se a questo punto la stazione ricevente segnala la ricezione corretta di un certo numero di frame (per esempio inviando il messaggio di acquisizione con il contatore del frame atteso uguale a NR-4) la finestra si restringe, rendendo possibile la trasmissione di ulteriori frame (nell'esempio tale numero è di tre) sino a raggiungere di nuovo il valore massimo di apertura.

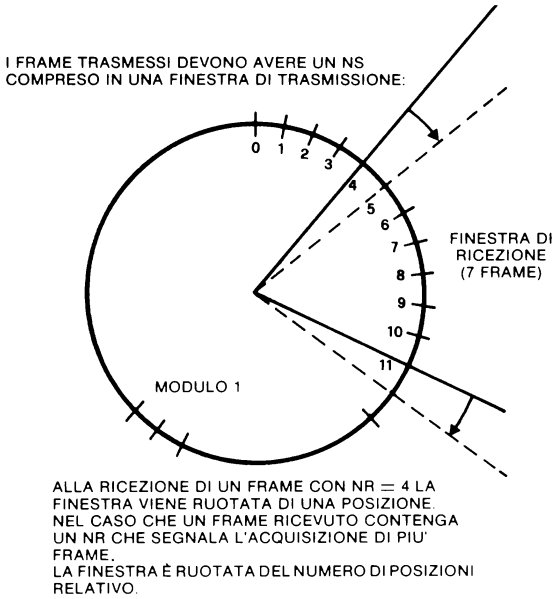


Figura 10.4 — Finestra di trasmissione.

CONFIGURAZIONE DI RETE

Le configurazioni di canale possibili con il protocollo SDLC sono la struttura punto a punto e multipunto. Inoltre il collegamento punto a punto può essere realizzato con una struttura topologica che si richiude sull'unità master chiamata comunemente loop o anello. Le figure 10.5, 10.6 e 10.7 illustrano le relative sequenze trasmissive.

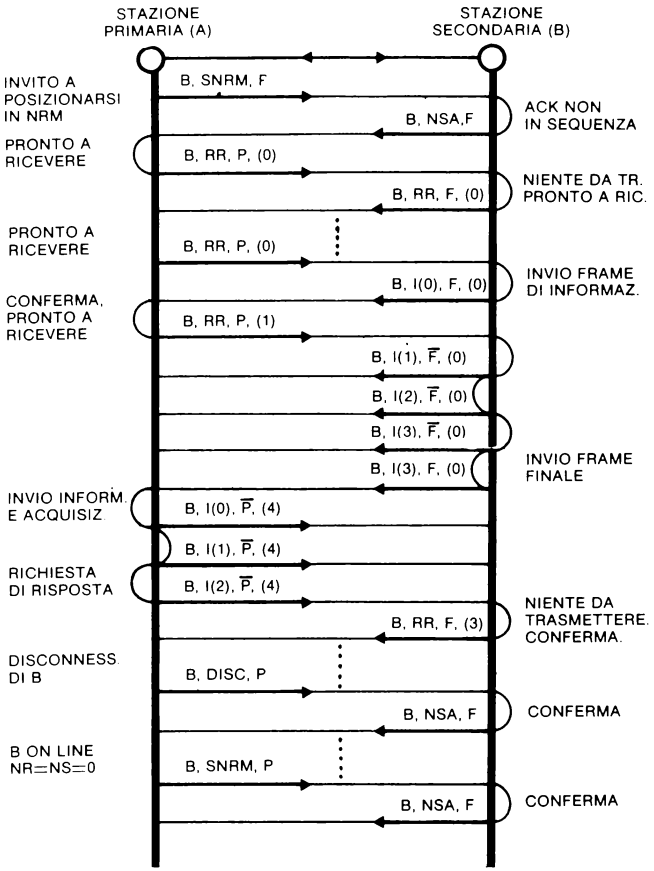


Figura 10.5 — Collegamento punto a punto half-duplex.

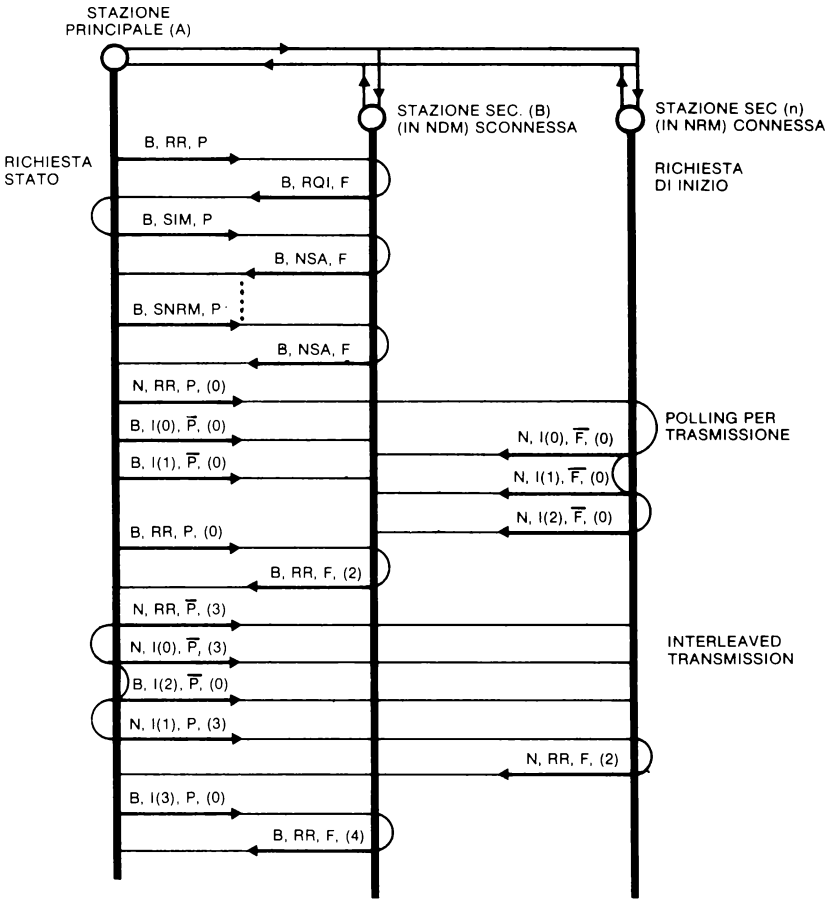


Figura 10.6 — Collegamento multipunto full-duplex.

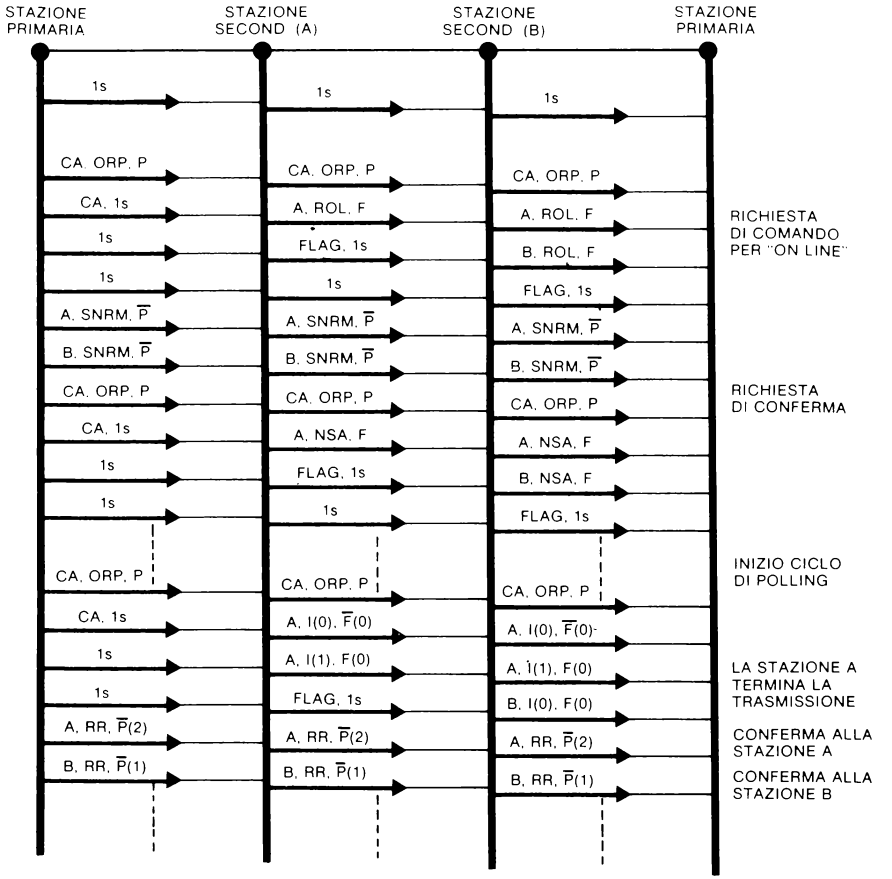


Figura 10.7 — Collegamento ad anello (protocollo SDLC).

In una configurazione topologica ad anello esiste una stazione master da cui il loop parte e su cui si richiude, ed un certo numero di stazioni slave connesse alla linea e che funzionano da ripetitore dei frame emessi dalla master (figura 10.8).

I terminali secondari inoltre, quando non sono alimentati, risultano fisicamente disconnessi dalla linea ed il traffico dati li bypassa mediante la chiusura di relè di linea. Quando un terminale viene attivato i relè vengono eccitati ed il terminale, che si connette fisicamente alla linea, può iniziare il monitoraggio della stessa per la rivelazione dei messaggi a lui diretti o la ripetizione dei messaggi in transito. Un discorso a parte deve essere fatto a riguardo dei tempi di percorrenza dei frame all'interno della rete.

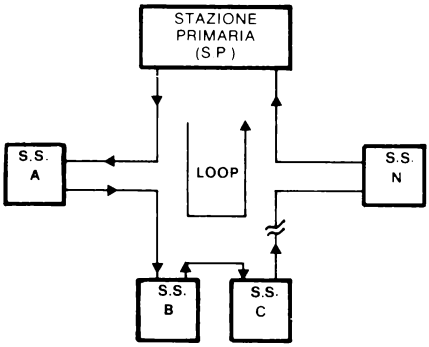


Figura 10.8 — Collegamento in loop con protocollo SDLC.

I segnali emessi dalla stazione master vengono letti e rinviati in linea, e, ad ogni stazione incontrata, il loro tempo di propagazione subisce un ritardo pari alla durata di un bit. Quando una stazione secondaria che sta ricevendo e rinviando un messaggio trova nel campo address del frame il proprio indirizzo, la stessa provvede alla sua lettura completa. Il ciclo di polling, che la stazione primaria fa per permettere alle secondarie di trasmettere, procede invece in modo diverso.

Il polling viene iniziato dalla master mediante l'invio in linea di un segnale costituito da uno zero seguito da tutti uni (col significato di go ahead).

Una stazione secondaria, che deve trasmettere un messaggio alla master, inizia la ripetizione della sequenza e se trova che il settimo bit è a uno (nessuna stazione slave ha iniziato la trasmissione) lo pone a zero trasformando la sequenza in un flag di inizio messaggio. Al flag segue il resto del frame e il flag di chiusura.

Al termine della trasmissione la stazione riprende la funzione di ripetitore e la possibilità di trasmettere passa, con le stesse modalità, alla stazione successiva e, di stazione in stazione, sino all'ultima dell'anello.

Il ciclo si chiude quando la stazione primaria riceve un uno continuo, indicante che nessuna stazione, ha ulteriori frame da trasmettere.

La stazione master può a questo punto ripetere il ciclo di polling o procedere all'invio di un messaggio ad una particolare stazione secondaria.

PROTOCOLLO HDLC

Il protocollo HDLC è sostanzialmente simile al protocollo SDLC, in quanto sia la struttura dei frame che del campo di controllo è la medesima.

Una differenza importante si rileva invece nel modo di operare, che abbina ad un

funzionamento di tipo NRM (figura 10.9) anche un funzionamento asincrono (ARM), (figura 10.10) dove cioè la stazione secondaria può iniziare la trasmissione senza aver avuto esplicitamente il permesso da parte della stazione primaria. Risulta inoltre più esteso il set di comandi di supervisione e non sequenziali (chiamati da ciò unnumbered). Le differenze operative tra NRM (Normal Response Mode) ed ARM (Asynchronous Response Mode) hanno influenza sul significato che assume il bit P/F (Polling/Final bit).

In seguito è descritto il differente significato nei due casi per il funzionamento in full e half duplex.

È importante considerare che, per definizione, in ARM il bit F non indica la fine di una trasmissione e non è perciò richiesta la fase di polling per l'invio di ulteriori informazioni.

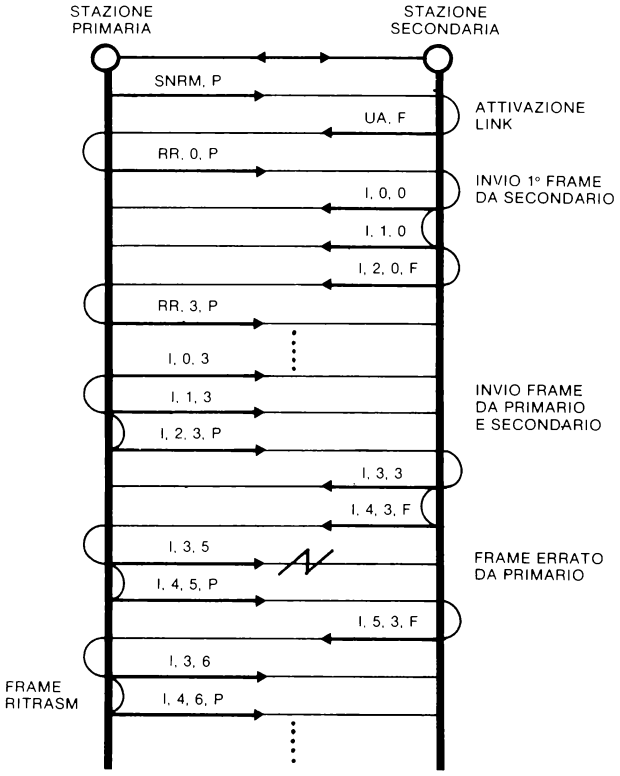


Figura 10.9 — Normal Response Mode, half-duplex (HDLC).

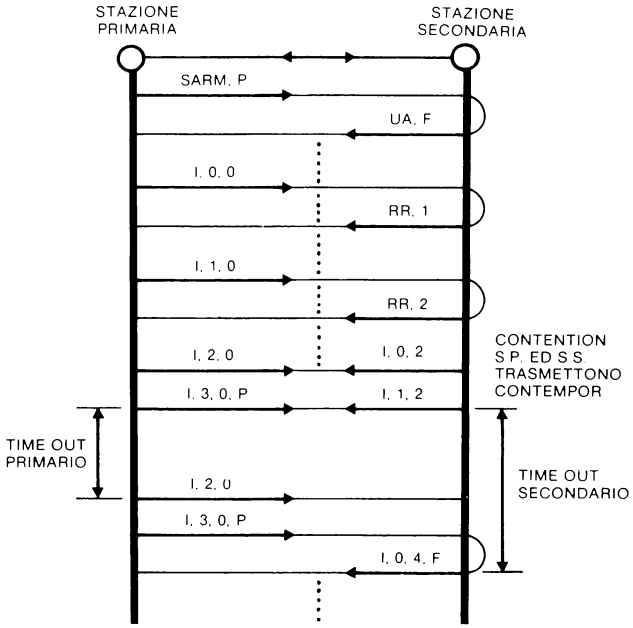


Figura 10.10 — Asyncronouse Response Mode, half-duplex (HDLC).

COMANDI E RISPOSTE NEL PROTOCOLLO HDLC

Modo Operativo		Normal Response Mode				Asyncrhonous Response Mode			
Tipo di collegamento		Half Duplex		Full Duplex		Half Duplex		Full Duplex	
P/F in com. o risposte		P	F	P	F	P	F	P	F
FUNZIONE	Sollecitaz. di informazioni	X		X					
	Indicazione di ultimo frame	X	X		X				
	Sollecitaz. di supervis. o di risposta di tipo unnumbered.	X		X		X		X	
	Verifica del colloquio	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabella 10.1 — Comandi disponibili nel protocollo HDLC.

Frame di supervisione

RR (Receive Ready): è utilizzato dalla stazione primaria (SP) o dalla stazione secondaria (SS) per indicare la disponibilità a ricevere frame o per segnalare l'acquisizione dei frame sino a NR-1.

Viene anche inviato per resettare una condizione di indisponibilità attivata dal comando di RNR.

RNR (Receive Not Ready): indica una condizione di indisponibilità temporanea al colloquio da parte del terminale che lo invia; acquisisce i frame ricevuti sino a NR-1.

La successiva disponibilità a ricevere viene segnalata con uno dei seguenti comandi: RR, REJ, SARM, SNRM, SARME, SNRME, UA, I frame con P = 1.

REJ (REJect): richiede la ritrasmissione di frame di informazione (I frame) a partire da quello inviato dalla stazione trasmittente con valore di sequenza pari a NR-1 (NR è contenuto nel campo NR del frame utilizzato per inviare il comando REJ).

La condizione di reject viene azzerata dalla ricezione del frame con NS uguale all'NR del comando REJ.

SREJ (Selective Reject, non disponibile in SDLC): è utilizzato per chiedere la ritrasmissione di un solo frame ricevuto errato. Il frame, di cui si chiede la ritrasmissione, è quello che è stato inviato in linea con un numero di sequenza NS uguale al valore di NR contenuto nel comando SREJ.

Contemporaneamente alla richiesta di ritrasmissione, il comando segnala alla stazione trasmittente l'acquisizione dei frame trasmessi con numero di sequenza sino a NR-1.

La condizione di selective reject viene azzerata dalla ricezione del frame con NS = NR.

Frame non numerati

I comandi non numerati (o fuori sequenza o unnumbered) richiedono che ne venga segnalata la ricezione mediante l'invio di un frame contenente il comando UA.

UA (Unnumbered Ack.) ha la precedenza su ogni altro tipo di segnalazione in corso o di frame in attesa di trasmissione.

SNRM (Set Normal Response Mode): come per l'SDLC pone la stazione secondaria in NRM, per cui la stessa potrà trasmettere solo in risposta ad una specifica richiesta da parte della stazione primaria.

SARM (Set Asynchronous Response Mode, solo in HDLC): pone la SS in ARM e causa l'azzeramento dei contatori NS ed NR. La stazione secondaria potrà procedere all'invio di dati indipendentemente dalla primaria.

DISC (DISC connect): causa la fine del modo operativo precedentemente attivato e dopo la ricezione di UA vengono attivate le procedure di sconnessione.

SNRME (Set Normal Response Mode Extended, solo in HDLC): pone la SS in NRME. In questo modo operativo il campo di controllo è composto da due ottetti ed

il modulo di conteggio (dimensione della finestra di trasmissione/ricezione) aumenta a 127 NS ed NR vengono azzerati.

SARME (Set Asyncrhonous Response Mode Extended, solo in HDLC): pone la SS in ARME. La stazione può procedere indipendentemente all'invio di frame, ed il campo di controllo e di sequenza diventa di due ottetti.

UA (Unnumbered Ack., NSA in SDLC): acquisisce un comando non numerato.
CMDR (CoMmanD Reject): viene inviato da una SS per segnalare alla stazione primaria la ricezione di:

- comandi invalidi o non implementati;
- NR invalido;
- frame di informazione con un campo informativo superiore alla dimensione del buffer disponibile per la sua memorizzazione.

CAPITOLO 11

RETI DI COMMUTAZIONE

GENERALITÀ

L'utilizzazione delle centrali di commutazione telefoniche ha reso possibile l'accesso contemporaneo ad elaboratori da parte di un gran numero di terminali mantenendo allo stesso tempo una buona qualità della linea di comunicazione. La tecnologia relativa è conosciuta con il nome di 'Commutazione di circuito'.

Con questa tecnologia, dei commutatori creano un percorso fisico temporaneo tra gli utenti realizzato su base di chiamata. Le risorse di rete, linee, commutatori ecc... vengono dedicate e riservate agli utenti per l'intera durata del collegamento. I commutatori cioè mantengono attivo il circuito sino a che non ricevono da uno degli utenti un segnale di sconnessione. Le risorse di rete si rendono a questo punto disponibili, sempre su base di chiamata, per altri utenti.

È in pratica la stessa procedura che si segue quando si desidera entrare in contatto telefonico con un'altra persona.

Il problema sorto con la commutazione di circuito consiste nello sfruttamento adeguato delle risorse trasmissive necessarie per realizzare una particolare sessione di lavoro.

La figura 11.1 mostra un circuito che collega il terminale A con la porta 1 del computer A. Se l'operatore batte dei caratteri ad una velocità di 120 caratteri al minuto verranno trasmessi all'elaboratore una media di circa 20 bit al secondo. Ogni volta che viene premuto un tasto vengono inviati in linea i 10 bit che rappresentano la particolare lettera. I caratteri successivi prodotti dal terminale sono separati reciprocamente da un intervallo di tempo che viene riempito da caratteri di idle. Se la velocità della linea è di 300 bps la media di 20 bps prodotti dal terminale non utilizzano completamente le risorse trasmissive messe a disposizione della rete commutata. Queste risorse vengono pienamente utilizzate solamente per il breve periodo in cui il computer invia al terminale una risposta in quanto in tal caso i caratteri vengono inviati sequenzialmente sino al termine del messaggio.

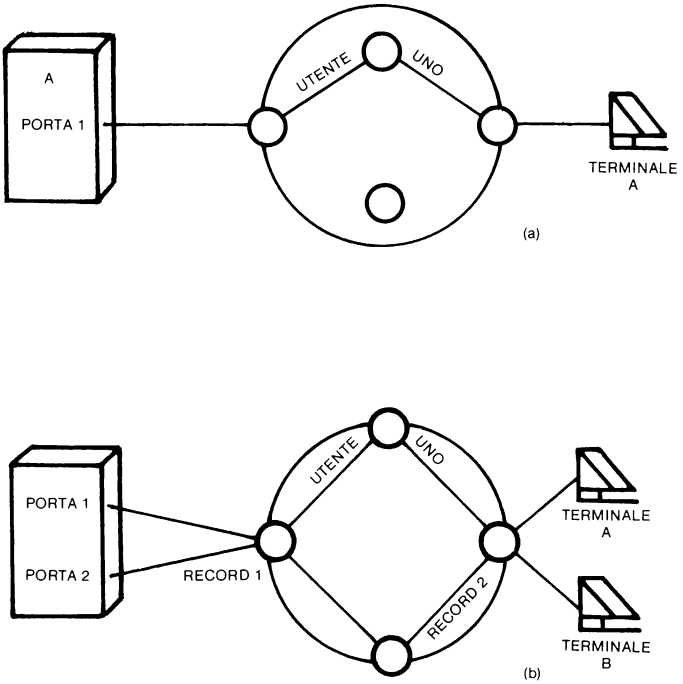


Figura 11.1 — Assegnazione delle risorse in una rete a commutazione di circuito:
a — circuito singolo
b — circuiti multipli.

Se in questa condizione il terminale B richiede anch'esso di essere collegato alla porta 1 del computer A, non potendo le risorse già impegnate per il terminale A essere condivise, verrà stabilito dalla rete di commutazione un secondo percorso fisico. Poichè però la porta 1 è già impegnata il terminale B non sarà in grado di connettersi a meno che l'elaboratore non disponga di porte di accesso alternative su cui instradare nuove chiamate quando quella indirizzata risulta occupata.

La impossibilità quindi di suddividere risorse di rete da parte del circuito commutato e dall'elaboratore per ciò che riguarda le porte di accesso porta ad un collegamento così come delineato in figura dove il terminale B è connesso ad una seconda porta dell'elaboratore A.

Se anche in questo caso la media dei dati prodotti è di 20 bps l'utilizzazione della linea è pari al 6÷7% della sua capacità.

Da quanto esposto emerge quindi come con la commutazione di circuito si abbiano sostanzialmente due aspetti negativi:

a — l'utilizzazione della linea di comunicazione è generalmente scarsa a causa dell'uso inefficiente che viene fatto dei terminali

b — ogni connessione tra terminale ed elaboratore richiede un diverso e riservato circuito fisico.

In modo più sintetico si può dire che nelle reti a commutazione di circuito convenzionali, le sessioni di trasmissione dati tra terminali vengono realizzate utilizzando canali di comunicazione che occupano la banda trasmissiva per l'intera durata del collegamento.

Una rete a commutazione di pacchetto formata da un insieme di nodi interconnessi da canali ad alta velocità, è in grado di collegare tipi diversi di terminali ed elaboratori. La rete può interconnettere dispositivi che utilizzano per la trasmissione codici diversi o che trasmettono a differenti velocità.

La differenza sostanziale rispetto ad una rete a commutazione di circuito evince però dalle modalità con cui viene realizzato il collegamento tra i terminali e gli elaboratori.

Ovviamente tra il terminale ed il punto della rete più prossimo deve esistere una connessione fisica. Questa connessione può essere sia una linea dedicata o realizzabile mediante un circuito commutato (figura 11.2).

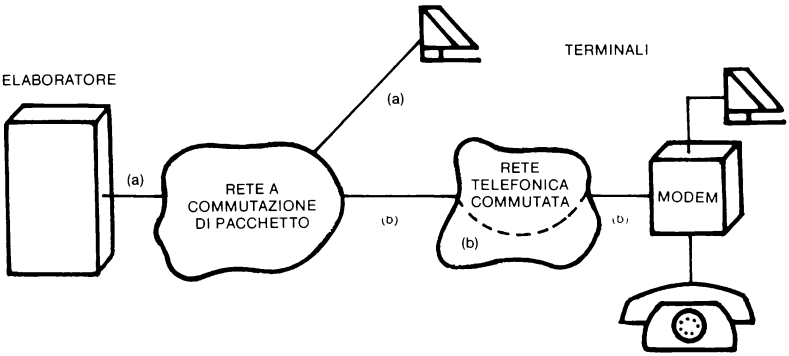


Figura 11.2 — Accesso di un terminale ad una rete dati a commutazione di pacchetto:
a — con linea dedicata
b — con linea commutata.

Per stabilire il collegamento tra terminale e rete nel caso di linea diretta l'utente deve solamente attivare il terminale. Nel caso l'accesso sia fatto tramite una rete commutata (la comune rete telefonica) l'utente del terminale deve realizzare la connessione fisica tra terminale e rete a commutazione di pacchetto seguendo le procedure standard di una chiamata telefonica.

Sia nel caso di linea dedicata che linea commutata la connessione fisica coinvolge lo scambio di segnali di pronto tra la rete e l'utente prima che la comunicazione possa avere effettivo inizio.

Una volta che l'utente risulta fisicamente connesso alla rete, lo stesso è in grado di effettuare una chiamata verso un'altro dispositivo con la rete che, in questo caso, stabilisce una connessione LOGICA.

Come conseguenza del modo in cui la rete effettua il collegamento e come avviene il trasferimento dei dati attraverso la stessa l'utilizzo delle risorse della rete avviene infatti in modo sostanzialmente diverso dal caso visto per la rete commutata.

I due circuiti logici che in questo caso vengono stabiliti per collegare i due terminali all'elaboratore utilizzano infatti lo stesso circuito fisico (figura 11.3). Inodi della rete effettuano quindi oltre a funzioni di instradamento dei dati dal nodo di origine a quello di destinazione anche funzioni di concentrazione che ottimizzano l'utilizzo delle risorse fisiche della rete. Su ogni circuito fisico potranno infatti essere convogliate tante chiamate quante sono quelle che, per una certa velocità, il circuito fisico può sopportare.

La figura (11.4) mostra il parallelismo tra il circuito fisico utilizzato dalla rete per connettere il terminale all'elaboratore ed il percorso logico così come è visto dall'utente.

I dati emessi dal terminale verranno trasmessi all'elaboratore sino a che l'utente non effettua la disconnessione.

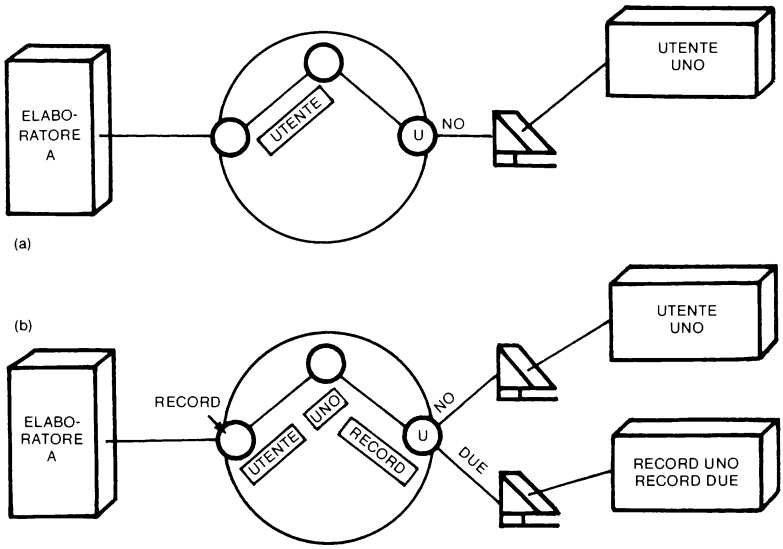


Figura 11.3 — Assegnazione delle risorse in una rete a commutazione di pacchetto:
a — circuito singolo
b — circuito multiplo.

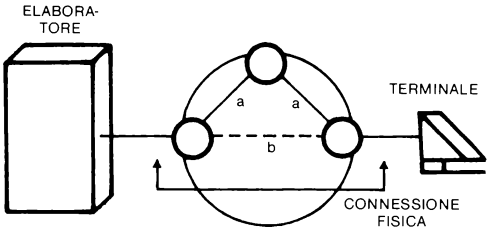


Figura 11.4 — Circuito logico
a — connessione fisica
b — connessione logica.

Da quanto detto emerge che la caratteristica fondamentale di una rete a pacchetto è che le risorse trasmissive, le risorse cioè che permettono di realizzare la sessione di comunicazione, sono allocate dinamicamente: intendendo con ciò che la banda (o canale) trasmissiva viene impegnata solamente nel momento in cui vi sono effettivamente dei dati da trasmettere alla stazione destinataria e non per l'intera durata della sessione. Tutti i dati, siano essi sincroni o asincroni, prima di essere inoltrati nella rete vengono assemblati in pacchetti di formato standard (figura 11.5).

Si parla così di realizzazione, (con le modalità descritte in seguito) tra stazione trasmittente e ricevente, di un circuito virtuale costruito nel preciso momento in cui un DTE invia la richiesta di chiamata a un indirizzo corrispondente ad un secondo DTE.

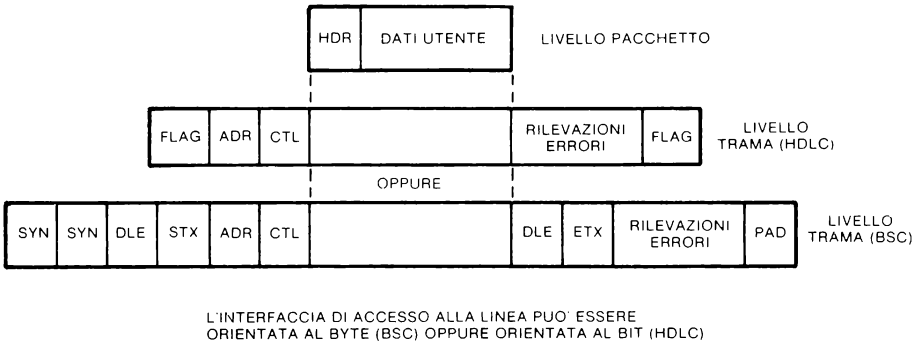


Figura 11.5 — Formato delle trame.

Per ogni linea di giunzione, collegante i nodi attraverso cui transita il circuito virtuale costruito dai programmi di gestione, viene assegnato alla chiamata virtuale un numero di canale logico (LCN: Logical Channel Number).

Ciò permette di individuare univocamente i pacchetti inerenti ad una chiamata differenziandoli da quelli inerenti ad altre chiamate transitanti sul medesimo canale fisico di giunzione. Il numero massimo di canali logici che è possibile assegnare ad una particolare giunzione è funzione principalmente della capacità della stessa.

In definitiva, è quindi il numero di canale logico che permette alla rete di identificare e trattare diversamente (tariffazione, destinatario ecc.) i pacchetti in transito sul medesimo canale fisico, inoltrandoli verso la corretta destinazione.

La configurazione iniziale di una rete a commutazione di pacchetto, funzione del volume di traffico che si prevede di dover smaltire, è attuata in base a modelli probabilistici di picchi di carico secondo un concetto che è chiamato multiplazione dinamica o statistica. Ciò permette alla rete di utilizzare in modo ottimale le linee di giunzione tra i nodi che la costituiscono. Se in condizioni di traffico particolarmente intenso si verificano delle situazioni di sovraccarico, particolari funzioni di rete utilizzano dei meccanismi di controllo del flusso dati (flow control) e delle code di traffico allo scopo di impedire un blocco completo della rete o la perdita di dati significativi. Una gestione di tale tipo risolve ed impedisce il verificarsi di condizioni di blocco di rete anche se, inevitabilmente, ciò si traduce in un ritardo nella trasmissione dei dati che è funzione del carico di rete.

ROUTING IN UNA RETE A PACCHETTO

Un aspetto importante in una rete a commutazione di pacchetto è il modo con cui i pacchetti vengono trasferiti dal nodo sorgente al nodo di destinazione. Il trasferimento dei dati dal terminale chiamante al chiamato deve essere fatto in modo ordinato e tale da mantenere la corretta sequenzialità dei dati ed entro limiti ragionevoli il ritardo indotto sul tempo di consegna dei dati dall'attraversamento della rete.

Il modo con cui i pacchetti sono trasferiti attraverso la rete è governato da un insieme di regole a cui ci si riferisce con il termine di 'routing', parola inglese che in italiano viene tradotta con "instradamento". Poichè 'routing' è il termine correntemente utilizzato in letteratura è quello che verrà utilizzato in seguito.

Il routing dei pacchetti che attraversano una rete può avvenire secondo regole diverse, ognuna con tipi di elaborazione, memoria necessaria ed impegno elaborativo dei nodi della rete che assume un valore differente.

Nei paragrafi seguenti sono esaminati i due tipi di routing (e quale è la loro conseguenza su una rete) che corrispondono alle due famiglie alle quali i metodi esistenti possono essere ricondotti.

Generalità sul routing

Esaminando la figura 11.6 si può notare come tra i nodi della rete esistano diversi percorsi alternativi. Questo è infatti uno degli aspetti fondamentali di una rete a pac-

chetto e tale da garantire la possibilità, nel caso un percorso sia inutilizzabile, di instradare i pacchetti diretti ad un nodo su percorsi alternativi.

Tra ogni coppia di nodi quindi è possibile selezionare i percorsi che i pacchetti dati possono seguire per andare da uno all'altro suddividendoli in percorsi primari e percorsi alternativi. Una differenziazione tra percorsi può essere basata ad esempio sul numero dei nodi attraversati assegnando all'insieme dei percorsi alternativi tutti quelli che attraversano un numero di nodi superiore ad un valore prescelto. La suddivisione in pratica raggruppa i percorsi in base al tempo di percorrenza. Ogni nodo addizionale attraverso il quale i pacchetti transitano richiede per inoltrare il pacchetto al nodo di destinazione un ulteriore tempo di elaborazione. Il processo elaborativo comprende la gestione del frame, il routing del pacchetto dal circuito virtuale di ingresso a quello virtuale di uscita ed i tempi di trasmissione.

Il nodo normalmente seleziona, per la trasmissione dei pacchetti, un percorso primario e solamente se non ve ne sono disponibili, a causa di guasti o di congestione, ricorre ad uno dei percorsi alternativi.

Il routing, sia che si parli di percorsi primari o alternativi, viene fatto utilizzando delle apposite tabelle mantenute all'interno di ogni nodo ed il cui contenuto, ovverossia l'indicazione del percorso da seguire, è determinato in modo fisso alla inizializzazione della rete od aggiornato in modo dinamico in funzione del carico che grava sui diversi percorsi.

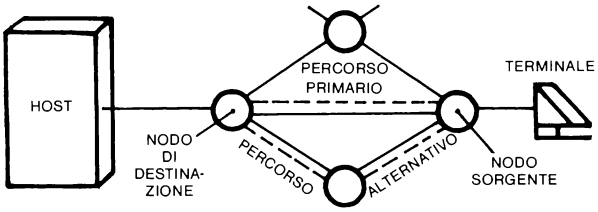


Figura 11.6 — Percorso primario e alternativo.

Con un routing di tipo statico il percorso tra ogni coppia di nodi è predeterminato. Se un nodo ha tre percorsi disponibili uno viene sovente definito come primario ed i restanti due come alternativi. I pacchetti vengono inviati utilizzando il percorso primario sino a che lo stesso è operativo.

Un instradamento di tipo statico è generalmente più semplice da realizzare perchè richiede un ammontare complessivo di elaborazione estremamente limitato. Non sempre però ad esso corrisponde il tempo di risposta ottimale così come percepito dall'operatore di un terminale poichè le tabelle di routing non possono essere adeguate frequentemente alle variabili condizioni (traffico, percorsi disponibili, code...) della rete.

Con la tecnica di routing dinamico le tabelle di instradamento vengono invece ag-

giornate periodicamente in modo da riflettere lo stato corrente dell'intera rete. Come contropartita ogni nodo deve disporre di una capacità elaborativa addizionale per generare le informazioni di aggiornamento dei percorsi di instradamento che devono essere scambiate dai nodi e per modificare le tabelle dinamiche corrispondenti.

Ogni pacchetto può essere inviato da un nodo sergente ad un nodo di destinazione su percorsi diversi o seguendo un unico percorso.

Il routing di ogni pacchetto come unità separata è indicato con il nome di Datagram mentre il routing collettivo di tutti i pacchetti di una particolare chiamata su un unico percorso è riferito con il nome di Circuito Virtuale.

Routing Datagram

In una rete che segue una procedura di routing di tipo Datagram ogni pacchetto associato ad una particolare connessione è instradato indipendentemente. Perchè ciò sia possibile ogni pacchetto deve contenere tutte quelle informazioni di rete indispensabili ai nodi per identificare e controllare il pacchetto nel suo spostamento progressivo da nodo a nodo. La parte di testa (header) del pacchetto contiene l'indirizzo completo sia del dispositivo di origine che di destinazione, il tipo del pacchetto ed il numero di sequenza dello stesso.

Ogni pacchetto Datagram viene instradato come unità autosufficiente senza alcuna relazione con gli altri pacchetti della stessa chiamata. La figura 11.7 illustra il routing di tre pacchetti Datagram. Il pacchetto 1 è inviato sul link A, il pacchetto 2 sul link B ed il pacchetto 3 sul link C.

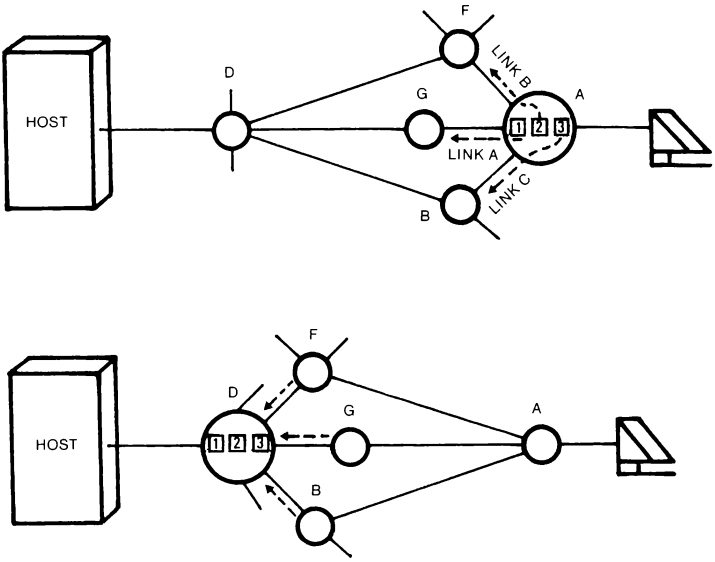


Figura 11.7 — Routing di tipo Datagram.

In ogni nodo intermedio i pacchetti vengono ricevuti, instradati e ritrasmessi con dei tempi elaborativi che variano da nodo a nodo in dipendenza del carico di lavoro complessivo che in quel particolare istante su di esso grava. Se il nodo F è coinvolto ad esempio nella gestione di un numero elevato di pacchetti il pacchetto 2 verrà messo in coda ed elaborato appena possibile. Il pacchetto 3 può così essere elaborato più rapidamente e giungere al nodo di destinazione prima del pacchetto 2.

Come conseguenza del fatto che i pacchetti possono giungere a destinazione in una sequenza che non rispetta quella originale un nodo che realizza un routing di tipo Datagram dovrà disporre della capacità elaborativa e di memoria tale da permettergli la corretta resequenzializzazione dei pacchetti prima di procedere al loro disassemblaggio ed all'invio verso il dispositivo di destinazione.

La trasmissione di un pacchetto datagram richiede particolari accorgimenti. Quando un pacchetto viene trasmesso il nodo sorgente attiva un timer. Se dal nodo a cui è diretto non viene ricevuta la conferma di corretta ricezione prima dello scadere del timer il pacchetto viene ritrasmesso su un altro percorso. Può avvenire però che a causa di ritardi di rete e di elaborazione da parte dei nodi il nodo di destinazione riceva il pacchetto correttamente mentre il nodo di origine non riceva il messaggio di acquisizione, anche se correttamente inviato, entro i limiti di tempo prefissati. Quando il nodo sorgente ritrasmette il pacchetto, il nodo di destinazione riceverà un duplicato di un pacchetto già ricevuto e dovrà essere in grado di riconoscerlo come tale e scartarlo.

L'approcio di tipo Datagram rende possibile in una rete l'incapsulamento automatico dei nodi o delle linee di giunzione guaste o temporaneamente fuori servizio senza nessuna interruzione percepibile dall'utente.

Se nella rete di figura 11.7 il nodo G dovesse guastarsi l'instradamento dei pacchetti continuerebbe normalmente con il pacchetto 3 inviato sul link B o C. Non si avrebbe nessuna interruzione nella comunicazione in corso tra terminale ed host. Solamente nel caso di un malfunzionamento del nodo di origine o di destinazione si avrebbe un'interruzione del servizio. Le caratteristiche fondamentali di una rete Datagram sono riassumibili quindi nei seguenti punti:

a: ogni pacchetto inerente ad un collegamento è indirizzato indipendentemente.

b: i pacchetti possono essere persi o duplicati

c: il nodo di destinazione deve poter riordinare i pacchetti ricevuti

d: il guasto di un nodo, che non sia il sorgente o la destinazione, è trasparente alla connessione in atto tra chiamante e chiamato.

Circuito Virtuale

Il routing a circuito virtuale utilizza, per connettere un nodo di origine ad un nodo di destinazione, dei percorsi prestabiliti.

Il percorso viene determinato mediante un pacchetto di 'call request' (richiesta di chiamata), primo pacchetto che viene inviato.

Mano a mano che il pacchetto di call request si propaga dal nodo di origine a quello di destinazone i nodi intermedi attraversati memorizzano le informazioni che permetteranno ai pacchetti successivi della stessa chiamata di essere instradati sul medesimo percorso.

Per stabilire una chiamata virtuale, il pacchetto di Call Request contiene l'indirizzo sia del dispositivo chiamante che chiamato ed il numero del canale logico assegnato alla chiamata.

Il numero del canale logico LCN (acronimo per Logical Channel Number) è il mezzo che permette ad un nodo di identificare gli ulteriori pacchetti appartenenti ad una particolare chiamata virtuale. Le informazioni complete inerenti all'indirizzamento dei pacchetti sono contenute solo nel pacchetto di Richiesta di chiamata (call request) mentre i pacchetti successivi contengono solamente l'indicazione del canale logico su cui devono essere instradati. Sempre nel pacchetto di Call Request trovano usualmente posto anche le informazioni che permettono di selezionare le funzioni desiderate per quella particolare chiamata virtuale.

La figura 11.8 illustra la formazione di una chiamata virtuale tra un terminale connesso al nodo A ed un Host di tipo a pacchetto connesso al nodo D.

Quando il terminale richiede la formazione di una connessione ciò viene fatto mediante l'invio al nodo dell'indirizzo del dispositivo (nel caso quello dell'host) con cui desidera essere connesso.

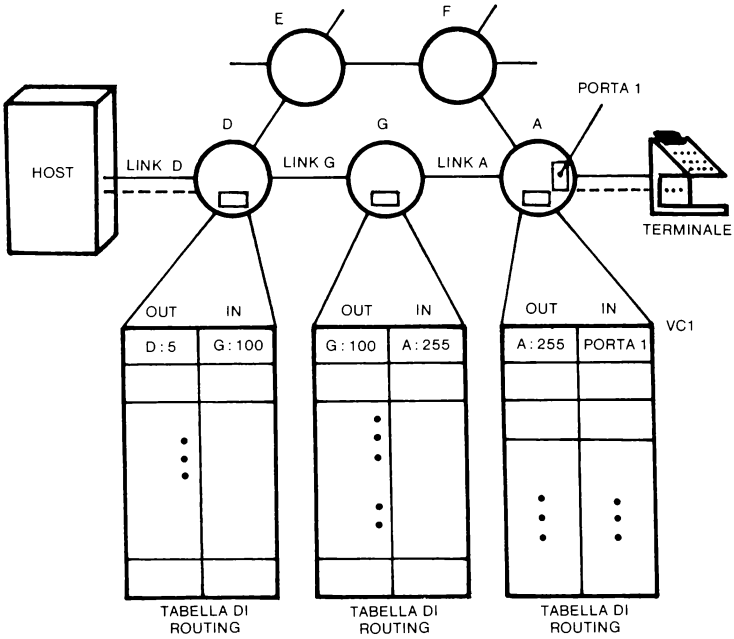


Figura 11.8 — Formazione di un circuito virtuale (VC 1) tra il terminale e l'Host.

Il nodo sorgente memorizza nelle sue tabelle di routing che una richiesta di connessione gli è stata inviata dal terminale connesso alla porta uno. Il nodo crea un pacchetto di Call Request contenente l'indirizzo del dispositivo di destinazione (l'host) connesso al nodo D e seleziona come LCN il canale 255. L'algoritmo che dermina il link su cui instradare la chiamata seleziona poi il link A come percorso primario verso il nodo di destinazione. Sia il numero di canale logico assegnato alla chiamata che il link di uscita (tra quelli possibili) sono a questo punto registrati nelle tabelle predisposte al routing ed alla supervisione delle chiamate virtuali.

Il pacchetto di Richiesta di chiamata può essere a questo punto trasferito dal programma che ne regola la formattazione al livello di trasporto per la sua trasmissione sul link A.

Quando il pacchetto viene ricevuto dal nodo G il numero corrispondente al link entrante ed all'LCN viene memorizzato nella tabella di routing. Il nodo G assegna poi a sua volta un circuito logico di uscita (LCN=100) ed un link di uscita (G) e registra il tutto nella tabella di routing. Lo stesso avviene presso il nodo D mediante l'assegnazione di un link uscente D ed un LCN di 5.

Come si può vedere, il propagarsi del pacchetto di Richiesta di Chiamata, e la memorizzazione nelle tabelle predisposte delle informazioni inerenti al circuito ed al canale di ingresso e del circuito e del canale assegnato in uscita per ogni nodo attraversato, stabilisce una connessione logica tra il terminale e l'host. Questo circuito virtuale è identificato, in ogni nodo attraversato, da un unico LCN e da un unico link. Poichè i pacchetti successivi seguono lo stesso percorso logico stabilito dal primo gli stessi giungono al nodo di destinazione (e da qui all'host) nella corretta sequenza senza perdite o duplicazioni.

Poichè un circuito virtuale segue un percorso fisico ben definito ed invariabile per l'intera durata del collegamento il guasto di uno dei nodi di transito o di uno dei link di giunzione tra i nodi ha comprensibilmente l'effetto di interrompere il circuito virtuale e di inibire ogni ulteriore inoltro di dati.

Per ristabilire il circuito virtuale su un'altro percorso fisico deve essere creato ed inviato in rete un nuovo pacchetto di Richiesta di chiamata in modo da costruire il circuito che eviti il punto guasto.

La formazione di un nuovo circuito virtuale può essere fatto sia dall'utente, dopo che lo stesso ha ricevuto dalla rete un messaggio che gli ha notificato l'avvenuta sconnessione, sia dal nodo sorgente mediante la funzione di Riconnessione Automatica (figura 11.9).

Quando la rete rivela un'interruzione di un circuito virtuale è essa stessa che tenta di ristabilire un circuito virtuale alternativo tra il nodo sorgente e quello di destinazione. È il nodo sorgente che ha l'incarico di avviare la procedura di riconnessione in quanto è il solo che mantiene una copia dell'indirizzo del destinatario da inserire nel pacchetto di Call Request. Quando il circuito virtuale è ristabilito il nodo provvede poi a ritrasmettere tutti quei pacchetti non acquisiti dal nodo di destinazione e la trasmissione riprende normalmente.

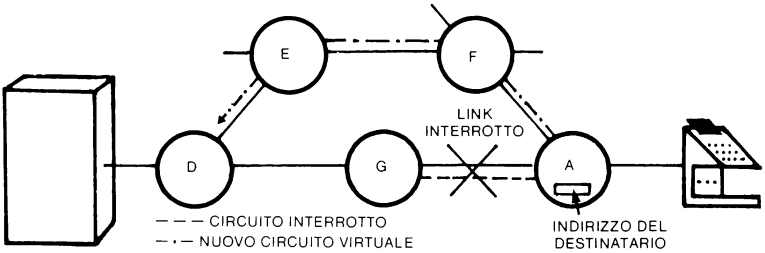


Figura 11.9 — Riconnessione automatica di un circuito virtuale interrotto a causa di un link o di un nodo guasto.

Le caratteristiche di una rete che opera mediante la formazione di circuiti virtuali possono essere così sommarizzate:

a: la fase iniziale di una chiamata (call setup) stabilisce un percorso fisico che viene seguito da tutti i pacchetti.

b: i pacchetti non vanno perduti, duplicati o riordinati.

c: ogni pacchetto contiene il minimo possibile di informazioni costituite dal solo numero di canale logico.

d: la funzione di riconnessione automatica permette di rimediare al guasto di un nodo o di un link.

PROTOCOLLO DI RETE E RACCOMANDAZIONI CCITT

La tecnica della commutazione di pacchetto è diventata area di studio verso la metà degli anni '60 ed alcuni anni dopo (inizio anni '70) erano già in servizio diverse reti a commutazione di pacchetto, mentre molte altre erano in fase di prova o di studio. Pur con una natura sperimentale ed una diffusione limitata ebbero la funzione principale di mostrare la validità tecnologica e sistemistica del nuovo concetto nell'area della trasmissione dati e la ripercussione sul settore fu notevole, in quanto raggiunsero il duplice risultato di mostrarne la validità sia economica che tecnologica.

Entro la metà degli anni '70, ben cinque case annunciarono ed intrapresero i piani per la costruzione di reti pubbliche a commutazione di pacchetto.

Un motivo particolare del successo e della diffusione che tali reti riscontrarono (successo che continua tuttora) si basava sulla completa indipendenza del termina-

le dalla rete e dal fatto che il collegamento reciproco avveniva mediante una interfaccia standardizzata.

Accordi tra queste case costruttrici portarono allo sviluppo congiunto di una interfaccia standard a livello internazionale per reti a commutazione di pacchetto, che poi venne sottoposta all'approvazione del gruppo di studio del CCITT (Comitato Consultativo Internazionale per la Telefonia e la Telegrafia) che si era occupato del problema nel periodo dal '73 al '76.

La proposta venne accettata e successivamente approvata come raccomandazione X.25 nell'assemblea plenaria del CCITT nel 1976.

In seguito vennero standardizzati altri protocolli (raccomandazioni X.3, X.28, X.29, X.75) inerenti la gestione del collegamento alla rete di terminali asincroni o sincroni a pacchetto o alla definizione delle caratteristiche funzionali ed operative dei terminali stessi, mentre altre raccomandazioni sono in attesa di definizione o in corso di studio.

L'insieme di tutte queste raccomandazioni CCITT definisce quali sono le caratteristiche dei protocolli da utilizzare allo scopo di interfacciare DTE sincroni od asincroni con reti pubbliche o private operanti secondo le modalità della commutazione a pacchetto.

L'interfacciamento richiesto per convertire i dati dal formato nativo del terminale connesso alla rete nel formato a pacchetto standard della rete stessa è realizzato mediante programmi software residenti nel nodo di commutazione o in apparecchiature interposte tra il nodo ed il terminale di utente chiamate PAD (Packet Assembler/Disassembler).

RACCOMANDAZIONE CCITT X.25

La raccomandazione del CCITT chiamata X.25, emessa nel 1976, definisce un tipo di interfaccia standard da utilizzare allo scopo di connettere sia i nodi di rete che un terminale X.25 (DTE), mediante apposito circuito, al DCE (Data Circuit Terminating equipment): punto di accesso alla rete. È ovvio che, per realizzare questo collegamento, bisogna disporre del software di gestione del link, residente sia nel DTE che nella rete. Un DTE così integrato dal punto di vista funzionale, viene chiamato DTE a pacchetto.

Il protocollo X.25 (Figura 11.10) è suddiviso in tre livelli funzionali distinti:

Livello 1: interfaccia a livello fisico;

Livello 2: interfaccia a livello di trama;
Livello 3: interfaccia a livello di pacchetto.

STRUTTURA E FUNZIONI DELL'X.25

LIVELLO 1: LIVELLO FISICO
— TIPO X.21 O X.21 BIS

LIVELLO 2: LIVELLO DI CONTROLLO LINK
— TIPO ISO-HDLC

— INIZIALIZZAZIONE
— FRAMING
— CONTROLLO E RECUPERO ERRORI
— CONTROLLO DI FLUSSO GLOBALE

LIVELLO 3: LIVELLO PACCHETTO

CONNESSIONI MULTIPLE — CANALI LOGICI

SEGNALAZIONE
— CALL SET-UP
— CLEAR

TRASFERIMENTO DATI
— SEQUENZIAMENTO
— CONTROLLO DI FLUSSO
— INTERRUPT
— RESET

Figura 11.10 — Funzioni dei singoli livelli in cui è suddivisa la normativa X.25.

Questi tre livelli funzionano in modo del tutto indipendente uno dall'altro, anche se eventuali malfunzionamenti non possono non avere influenza sui livelli adiacenti (Figura 11.11).

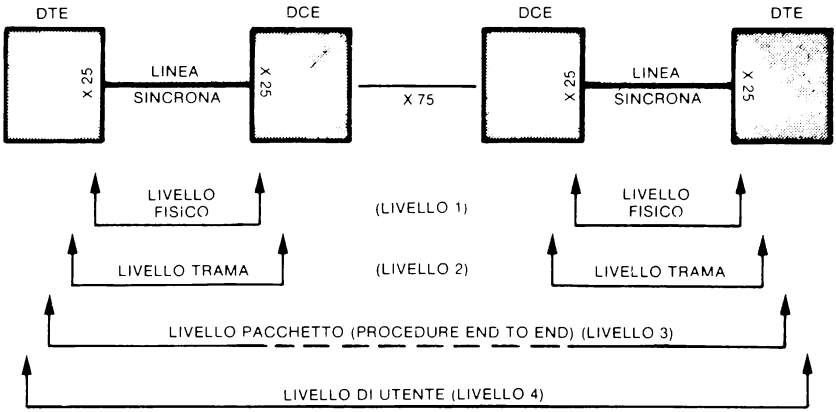


Figura 11.11 — Livelli di una rete a commutazione di pacchetto.

Il livello 1 del protocollo definisce quali devono essere le caratteristiche fisiche dell'interfaccia esistenti tra DTE e DCE come, per esempio, il numero delle linee dell'interfaccia e la funzione delle singole linee.

Le caratteristiche del livello 1 sono specificate dalla raccomandazione CCITT X.21, anche se momentaneamente, a causa della sua enorme diffusione, viene accettata anche una interfaccia fisica così come definita dalla raccomandazione X.21/bis corrispondente alla V.24 (RS232) o alla V.35.

Il livello 2, o livello di trama, definisce invece le caratteristiche funzionali dell'interfaccia logica tra DTE e DCE, e comprende tutte le procedure che hanno la funzione di controllare e garantire il corretto flusso di dati sulla linea fisica definita dal livello 1.

Scopo del livello 2 è quindi quello di mettere a disposizione del livello 3, e dei livelli superiori della rete, un canale trasmissivo virtualmente privo di errori che permetta di trasmettere dati e messaggi di controllo della sessione tra DTE e DCE. A tal fine, ogni messaggio (trama o frame) inviato in linea contiene un pacchetto che viene passato al livello corrispondente senza che si siano verificate delle perdite o duplicazione dello stesso, in quanto è il livello di trama che ne assicura il corretto trasporto attraverso la rete.

Le procedure software per la formazione del collegamento, il trasferimento corretto delle informazioni e la sconnessione o abbattimento del collegamento, sono implementate a livello di trama. Il protocollo utilizzato per realizzare il livello di trama si serve delle procedure del protocollo HDLC o in alcuni casi, del protocollo BSC.

Particolari campi del pacchetto inviato in linea all'interno del frame HDLC di livello 2, permettono di realizzare sullo stesso canale fisico di livello 1 sino a 4095 circuiti virtuali contemporanei. È il livello pacchetto che ha la funzione di definire secondo quali procedure deve avvenire la formazione di questi circuiti virtuali, e come debba essere realizzato il controllo del flusso dei dati, il recupero dei pacchetti o delle sequenze errate, la formazione e l'abbattimento delle chiamate virtuali.

A livello pacchetto esistono due tipi di procedure riguardanti la struttura del collegamento virtuale che viene realizzato allo scopo di permettere la sessione di trasmissione: circuito virtuale commutato e circuito virtuale permanente.

Il primo tipo richiede che per poter effettuare il trasferimento dei dati vengano in precedenza realizzate le procedure inerenti alla formazione del collegamento virtuale tra chiamante e chiamato, e cioè dal DTE sino al nodo a cui è connesso, da questo nodo sino al nodo a cui è connesso il chiamato e da tale nodo al chiamato stesso.

Il secondo tipo è invece un circuito virtuale che collega permanentemente i due terminali, e non richiede per la trasmissione la fase di formazione del collegamento. Sempre a livello di pacchetto sono presenti apposite procedure che permettono di definire le caratteristiche specifiche di un utente (all'interno del set di caratteristiche disponibili) da utilizzare per la formazione o durante lo svolgimento delle chiamate virtuali.

Queste opzioni sono normalmente stabilite dall'utente al momento della sua connessione alla rete, o stabilite mediante apposite procedure sulla base di chiamata.

Per venire incontro alla suddivisione in livelli di una rete dati, il livello di pacchetto definisce un meccanismo che permette di distinguere dati di utente da dati inerenti al funzionamento del protocollo stesso.

Ciò è realizzato mediante l'utilizzazione di un bit singolo chiamato «Q» (Qualificatore) che quando è a zero identifica i dati in oggetto come dati di utente, mentre quando è ad 1 identifica i dati di controllo di livello superiore.

CARATTERISTICHE DELL'INTERFACCIA PER TERMINALI INTERATTIVI

La raccomandazione X.25 definisce solamente, se così si può dire, le procedure di rete a livello superiore maggiormente orientate all'utente, ma lascia scoperte funzioni la cui definizione è essenziale quasi come quanto stabilito dalla X.25, senza le quali non sarebbe possibile collegare ad una rete a pacchetto la maggior parte dei terminali esistenti. Gli aspetti lasciati scoperti dalla X.25 sono affrontati e trattati dalle raccomandazioni X.3, X.28 e X.29 per ciò che riguarda la gestione del traffico generato o diretto verso terminali di tipo interattivo.

Queste raccomandazioni stabiliscono quindi le caratteristiche funzionali che permettono di collegare ad una rete a pacchetto terminali del tipo start-stop. (Figura 11.12).

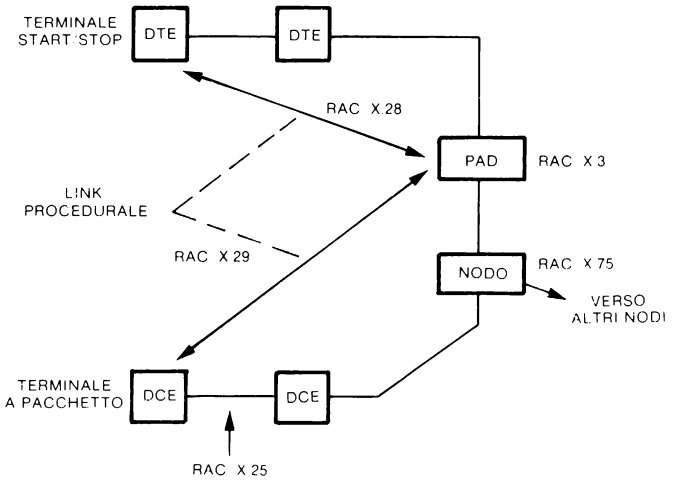


Figura 11.12 — Relazioni esistenti tra le procedure X.28, X.29 e X.3.

La raccomandazione X.3 definisce una serie di parametri (18) ognuno inerente ad una caratteristica del terminale, o che stabilisce come il terminale o i dati ad esso diretti e da esso provenienti devono essere trattati.

I valori dei parametri sono prefissati da tabelle di rete, o definiti dal terminale di utente o remoto al momento del collegamento.

L'utente può scegliere, al momento del collegamento, se utilizzare un profilo standar o un profilo non standard suo caratteristico, oppure il profilo standard adattando alcune delle caratteristiche in esso contenute alle esigenze specifiche della sessione di trasmissione.

La raccomandazione X.28 definisce invece la sequenza degli stati inerenti a una sessione, come avviene la transizione da stato a stato e quali sono i comandi provenienti dal terminale che possono essere trattati dalla rete.

La raccomandazione X.29 (unico vero protocollo a livello superiore di tipo END-TO-END e corrispondente al livello 4 dell'ISO) definisce l'utilizzazione del bit Q e determina il formato ed il significato dei dati di controllo che vengono scambiati tra un DTE a pacchetto e la rete.

La raccomandazione X.29 stabilisce, inotre, le procedure per mezzo delle quali un DTE di tipo X.25 (generalmente un host di medie o grandi dimensioni), connesso mediante la rete ad un terminale remoto di tipo start-stop (X.28), può agire sulle caratteristiche operative di quest'ultimo.

Per ogni terminale di tipo start-stop, la rete mantiene delle apposite tabelle (chiamate profili), che descrivono i possibili modi operativi del terminale (velocità, caratteri di controllo ecc.). Mediante la procedura X.29, un terminale X.25 può accedere a queste tabelle adattandone i parametri funzionali ivi contenuti al proprio modo operativo, o adattandosi (tipico è il caso della velocità) a quanto in esse stabilito.

Il PAD, la cui funzione è di interfacciare alla rete terminali asincroni, può essere visto come un terminale a pacchetto con funzione di concentrazione e di scomposizione o compilazione dei dati scambiati fra i terminali start-stop e la rete.

CORRELAZIONE TRA X.28 e X.25

In una rete a commutazione di pacchetto, l'accesso alla rete da parte di un terminale funzionante in start-stop, cioè un terminale dove i caratteri sono trasmessi in modo asincrono è regolato, come visto, dalla raccomandazione X.28 del CCITT.

Il terminale invia i dati ed i comandi ad un'apparecchiatura (PAD, Packet assembler/Disassembler) che ha il compito di interfacciare un certo numero di terminali funzionanti in start-stop verso la rete (figura 11.13), facendo assumere al flusso dei dati che da essi provengono una struttura (pacchetti) in accordo con la raccomandazione X.25 del CCITT.

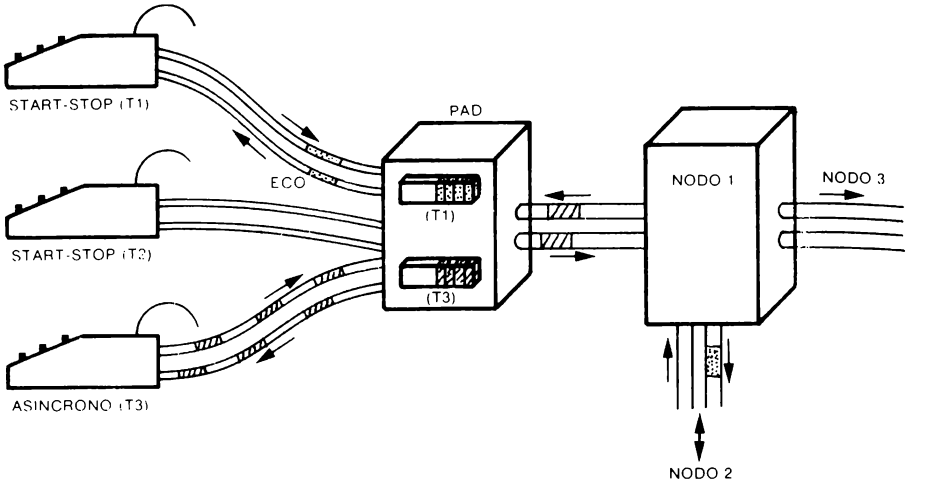


Figura 11.13 — L'unità PAD memorizza i caratteri provenienti dai terminali start-stop e provvede al loro invio verso il nodo della rete.

La raccomandazione X.25 regola lo scambio di informazioni o di comandi, attraverso strutture chiamate pacchetti, nella rete a commutazione di pacchetto.

Il PAD deve quindi seguire la raccomandazione X.28 per ciò che riguarda il colloquio con i terminali, e la raccomandazione X.25 per il colloquio verso la rete.

Interfacciamento verso l'utente

In figura 11.14 è mostrato l'automa che descrive la sequenza di operazioni relative alla X.28 per ciò che riguarda la formazione del link tra DTE e PAD, il trasferimento dei dati (insieme di caratteri) e l'abbattimento del link. Quando l'automa si viene a trovare nello stato 9 (trasferimento dati) il PAD converte i caratteri che provengono dal terminale in uno o più blocchi inoltrandoli poi verso la rete.

Viceversa, riceve blocchi di dati dalla rete e li invia, carattere per carattere, al terminale.

Interfacciamento verso la rete

L'interfacciamento del PAD verso la rete è, come già visto, regolato dalla raccomandazione X.25.

Tale raccomandazione, è utile ripeterlo, è suddivisa in tre livelli:

— Livello 1: costituito dall'interfaccia fisica-elettrica e dalle procedure che regolano l'attivazione e l'abbattimento del collegamento fisico. La struttura dell'interfaccia fisica è specificata dalla raccomandazione X.21 o X.21 bis.

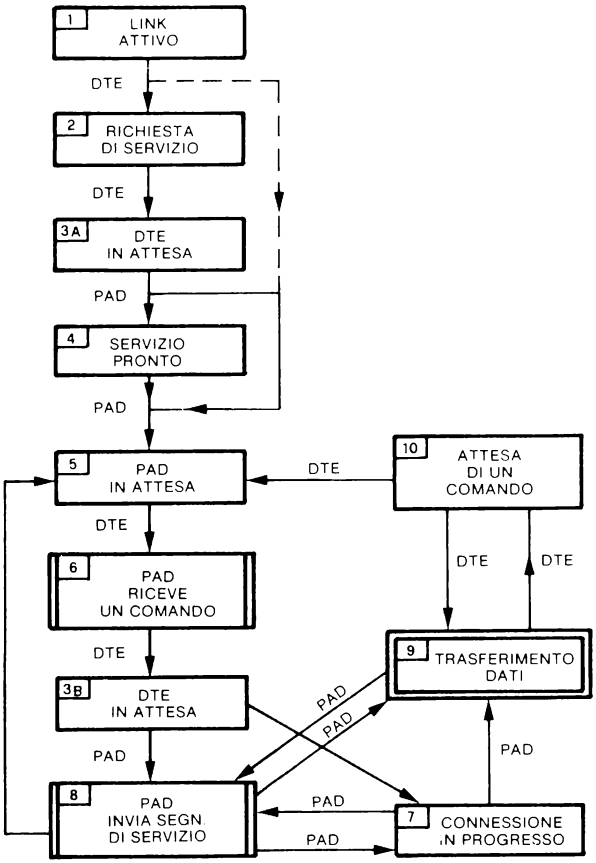


Figura 11.14 — Sequenza degli stati attraverso cui evolve la procedura X.28 relativa alla gestione di terminali start-stop.

— Livello 2: costituito dalle procedure che supervisionano la formazione, il mantenimento e l'abbattimento, a livello procedurale, del link tra il PAD, il DCE ed il nodo della rete. Tale link viene mantenuto attraverso lo scambio di pacchetti contenenti messaggi di controllo che non trasportano dati attraverso la rete, ma che assicurano solamente l'aggancio tra il packet mode trasmittente e ricevente. Il trasporto dei dati è realizzato attraverso opportuni campi inseriti in messaggi che ne hanno la funzione specifica.

— Livello 3: è costituito dall'insieme di procedure che regolano lo scambio tra PAD e nodo dei pacchetti contenenti informazioni di controllo o dati provenienti all'utente.

In Figura 11.15 è illustrata la sequenza degli stati che regolano il livello 3, l'attivazione di un canale di trasmissione, la sua utilizzazione per il trasferimento dei pacchetti di informazioni e la sua disattivazione al termine del collegamento.

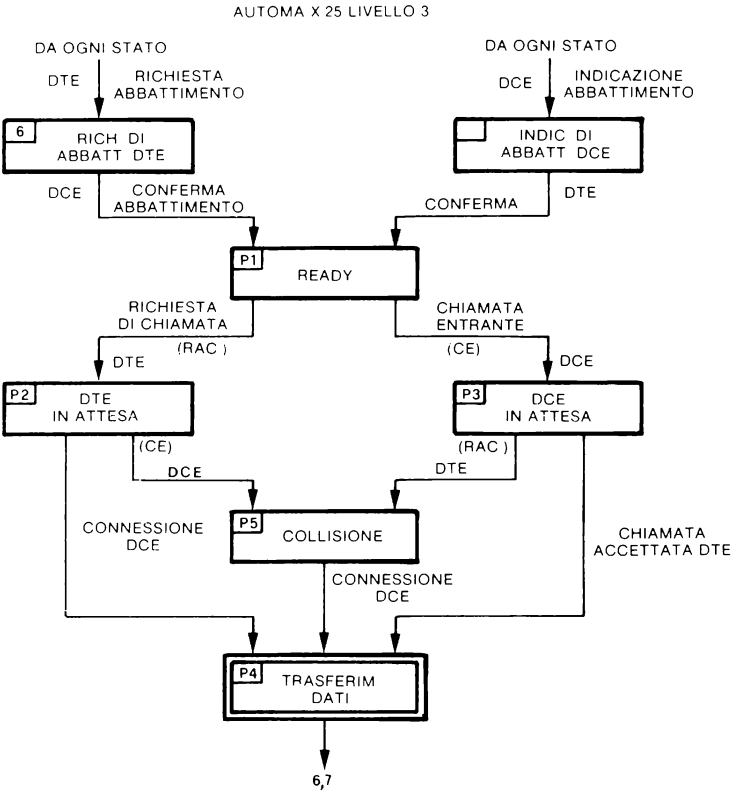


Figura 11.15 — Sequenza degli stati attraverso cui evolve il livello 3 della X.25.

Correlazione tra i processi

Come già chiarito, la correlazione che la X.28 ha con la X.25 è limitata principalmente al livello 3 e solo indirettamente al livello 2.

La correlazione tra X.28 e livello 3 può essere a sua volta suddivisa in sue fasi temporali distinte.

La prima fase è quella relativa alla costruzione del collegamento, ed è la fase in fase di trasferimento dati. Per arrivare in tale stato il terminale Start-Stop dovrà aver espletato la parte di procedure della X.28 che permettono all'utente di attivare il link verso il PAD e di selezionare le proprie caratteristiche operative (indicate con il nome di profilo). Dovrà inoltre aver comunicato tali scelte al PAD per mezzo di messaggi opportunamente caratterizzati ed inviato al PAD il numero del chiamato.

L'automa che descrive il funzionamento del livello 2 dovrà aver condotto a buon fine la formazione del link con il nodo, inizializzato le variabili che a tale livello regolano lo scambio dei pacchetti e, quindi, farlo pervenire nella fase di trasferimento.

Per il livello 3, l'automa di Figura 11.15 dovrà aver espletato le funzioni atte a farlo entrare nello stato P4 della stessa figura.

La Figura 11.16 permette di illustrare tale fase più dettagliatamente.

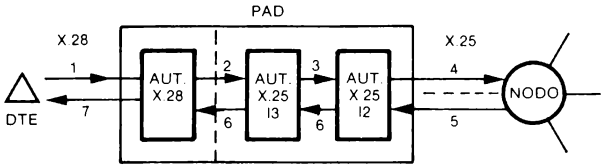


Figura 11.16 — Successione delle fasi per la formazione del collegamento DTE-PAD-NODO.

1 — Il DTE invia al PAD (AUT X.28) la richiesta di servizio contenente l'indirizzo del chiamato;

2 — l'automa X.28 passa la richiesta al livello 3 che provvede a inizializzare un canale di trasmissione;

3 — il livello 3 fornisce al livello 2 la richiesta di chiamata da inviare al nodo;

4 — il livello 2 invia al nodo la richiesta di chiamata;

5 — il nodo trasmette al livello 2 un messaggio contenente l'indicazione di connessione;

6 — il livello 3 preleva dal livello 2 l'informazione, si porta nella fase di trasferimento dati e invia a X.28 il comando di connessione;

7 — l'automa X.28 invia al DTE il messaggio di connessione effettuata e si porta nello stato di trasferimento dati.

La seconda fase è relativa alla fase dati, e in tale periodo la X.28 e il livello 3 interagiscono solamente con quelle procedure relative all'avanzamento dei dati.
La situazione in cui si viene a trovare la rete è la seguente:

- tra terminale e PAD è possibile scambiare caratteri che vengono considerati dall'automa X.28 (AX28), tranne alcuni caratteri con mansioni particolari, come dati.
- tra PAD e nodo è possibile scambiare blocchi di informazione (pacchetti) inseriti nel livello 2 e costituiti da un certo numero di campi.

In uno di questi campi vengono inseriti i blocchi di dati che il livello 3 riceve dall'automa che colloquia con il terminale. Il processo che, a partire dai singoli caratteri ricevuti dal terminale, porta alla formazione dei pacchetti che il livello 2 invia al nodo è il seguente:

- i caratteri che sono inviati al PAD sono ricevuti dall'automa X.28 che provvede a formare un messaggio di n caratteri;
- quando si verificano le condizioni per cui i dati possono essere inoltrati (scade timer, buffer pieno, carattere speciale) verso la rete, i dati vengono trasferiti all'automa del livello 3;
- il livello 3 inserisce questi dati nel campo informazioni di un messaggio suddiviso in un certo numero di campi.

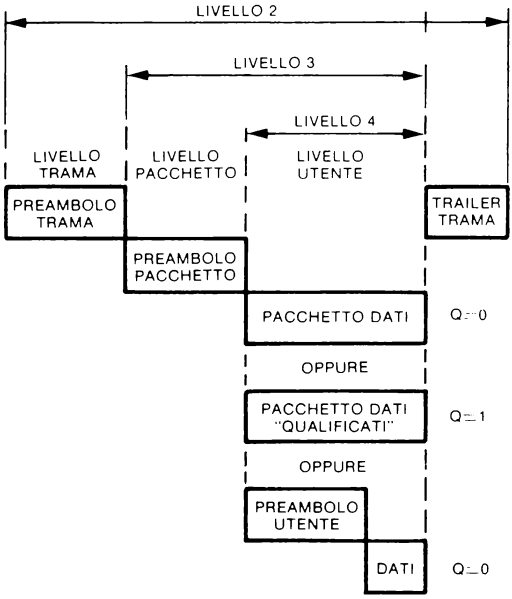
campo servizio livello 3	dati	campo servizio livello 3

Il messaggio così formato viene successivamente trasferito al livello 2 per il suo trasferimento al nodo.

Il livello 2 inserisce il messaggio ricevuto dal livello 3 nel campo di informazione di un pacchetto (figura 11.17), che ne permette il trasferimento al nodo e che viene ad assumere la seguente struttura:

campo servizio livello 2	campo servizio livello 3	dati	campo servizio livello 3	campo servizio livello 2

Il messaggio così costituito viene inviato al nodo della rete.



AI DATI DI UTENTE TRASMESSI ATTRAVERSO LA RETE VENGONO PREMESSI UN PREAMBOLO DI PACCHETTO E UN PREAMBOLO DI TRAMA E VIENE ACCODATO UN "TRAILER" DI TRAMA IN AGGIUNTA, NEL CAMPO DATI PUO' ESSERE MESSO UN PREAMBOLO DI UN LIVELLO SUPERIORE GESTITO A LIVELLO UTENTE

Figura 11.17 — Formato dei dati ricevuti o trasmessi dalla rete.

INTERFACCE VERSO LA RETE

Una rete a pacchetto offre la possibilità di interfacciarsi ad un notevole numero di terminali di tipo diverso, e questo è fondamentalmente uno dei motivi principali del successo che tali reti incontrano.

Per capire immediatamente con che tipo di DTE si ha a che fare, essi vengono generalmente suddivisi in due categorie contenenti rispettivamente terminali del tipo a pacchetto o del tipo non a pacchetto.

I terminali a pacchetto utilizzano generalmente, per interfacciarsi alla rete, la raccomandazione X.25.

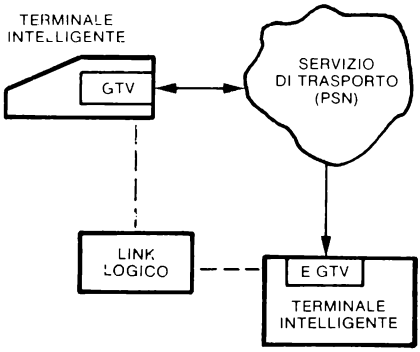
Tutti gli altri terminali, che attualmente costituiscono la grande maggioranza fra quelli esistenti, richiedono per potersi collegare alla rete che in essa esista l'emulatore del protocollo. Essi devono in sostanza «vedere» la porta di rete a cui sono connessi come un terminale del loro stesso tipo (2780, 3780, 3270 ecc.).

La funzione di interfacciamento risiede generalmente, anche in questo caso, nell'unità chiamata PAD.

MODI DI CONNESSIONE

In modo in cui deve essere effettuata la connessione di un terminale interattivo (I-TI) alla rete, e cioé il modo in cui e visto dalla rete stessa, è stabilito da uno dei parametri del profilo chiamato «modo di connessione» che regola le conversioni di codice e realizza le funzioni di gestione che la rete effettua verso il terminale. I modi in cui un terminale può essere visto sono essenzialmente tre.

– Terminale virtuale: in questo modo di connessione, chiamato anche NVT (Network Virtual Terminal), i caratteri che vengono inviati dal terminale sono convertiti nel codice standard di rete, e parallelamente la rete può eseguire tutte le funzioni specifiche del terminale (Figura 11.18).



GTV - GESTIONE TERMINALE VIRTUALE (TRASFORMA IL TERMINALE REALE IN VIRTUALE EFFETTUANDO LE CONVERSIONI DI CODICE NECESSARIE)

Figura 11.18 – Un terminale virtuale deve realizzare quelle funzioni tali da presentarlo alla rete con caratteristiche standard.

Un calcolatore host, che stabilisce di connettersi alla rete apparendo come terminale virtuale, riceverà dei messaggi in codice di rete, e dovrà, prima di interpretare messaggi ricevuti, realizzarne la conversione nel proprio codice.
Durante lo svolgersi della chiamata virtuale dovrà, inoltre, essere in grado di controllare il flusso dei dati secondo quanto stabilito dalla procedura X.25 se si tratta di un DTE X.25, mentre dovrà riconoscere i caratteri XON e XOFF se si tratta di un terminale asincrono.

– Terminale reale: quando un terminale opera in modo reale i caratteri indi-

rizzati dal terminale alla rete sono da questa inviati all'host destinatario nello stesso codice con cui sono stati ricevuti e parimenti non si ha nessuna conversione dei dati emessi dall'host e diretti al terminale (Figura 11.19).

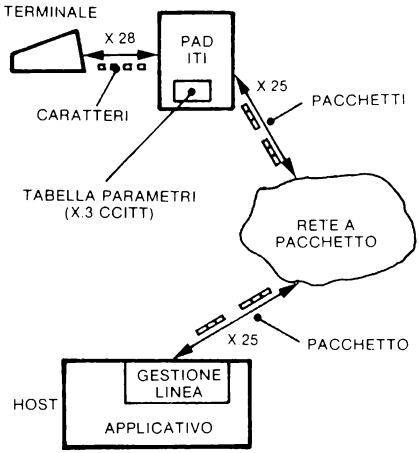


Figura 11.19 — Quando il terminale è di tipo reale le sue caratteristiche (profili) risiedono in tabelle interne al PAD. All'Host sono demandate eventuali funzioni di gestione e di controllo.

Entrambi dovranno quindi essere in grado di capire i reciproci messaggi o utilizzando lo stesso codice come standard o disponendo (lato host) di un apposito programma di conversione.
A carico dell'host rimangono inoltre tutte le funzioni di gestione e controllo del terminale come se tra i due esistesse un collegamento diretto.

Terminale trasparente: è un modo di funzionamento simile al modo virtuale. Si differenzia solamente nella fase dati dalla quale non è possibile, una volta che la chiamata virtuale è stata stabilita, passare in modo comando.

ESEMPI TIPICI DI RETI

Attualmente reti pubbliche a pacchetto sono in esercizio in quasi tutti i paesi occidentali ed in Giappone.

In Europa è presente inoltre la rete Euronet la cui funzione principale è di permettere l'interconnessione delle reti nazionali in costruzione nei principali paesi europei.

Dall'Italia sono accessibili anche le principali reti americane mediante il servizio Dardo dell'Italcable. Tra quelle in servizio, e quelle la cui entrata in esercizio è previ-

sta a breve termine, si prevede che entro il decennio la quasi totalità dei paesi occidentali disporrà di tale servizio, e le reti realizzate potranno interconnettersi realizzando una copertura di tipo sovranazionale.

In particolar modo in Italia è prevista l'entrata in esercizio sia di una rete dati a commutazione di pacchetto sia di una rete a commutazione di circuito. L'abbinamento reciproco, assieme alla possibilità di collegarvi anche la rete telefonica e la rete telex, permetterà di compiere un passo fondamentale verso la realizzazione di una rete integrata.

Come esempi di rete da tempo in esercizio, è utile analizzare quali sono le prestazioni e la struttura delle due reti americane di dimensione maggiore, e precisamente la rete Datapac canadese e la rete GTE - Telenet per gli USA.

Rete Datapac

La rete Datapac è una rete a commutazione di pacchetto con copertura nazionale, in cui le comunicazioni tra gli utenti richiedono la formazione di un circuito virtuale (Figura 11.20).

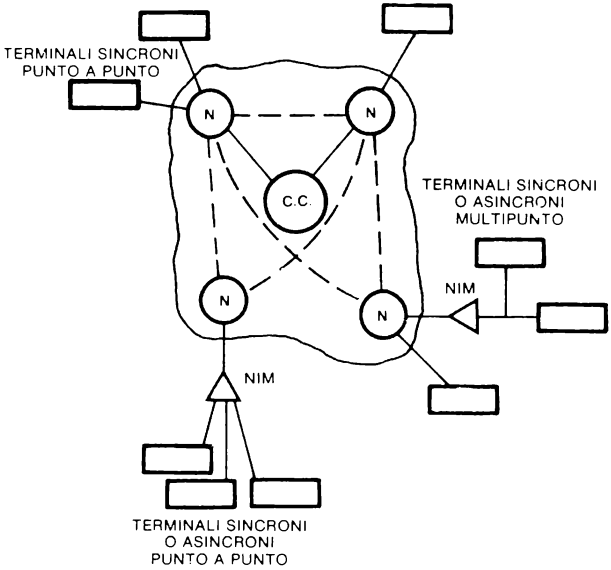


Figura 11.20 — Struttura della rete Datapac.

I nodi della rete si trovano nelle città principali e sono interconnessi con linee a 56 kbit/s.

La rete è gestita mediante un centro di controllo situato ad Ottawa, connesso con i nodi di Ottawa e di Toronto con linee a 9,6 kbit/s.

Le chiamate possono essere di tipo permanente (per ciò che riguarda l'utente equivalenti ad una linea privata) o di tipo commutato.

Il servizio, per quanto concerne la velocità di inoltro dei pacchetti, è organizzato su due livelli di priorità.

I pacchetti hanno una dimensione massima di 128 byte per il livello di priorità più elevato, e di 256 byte per il servizio normale.

L'accesso alla rete può essere fatto mediante l'utilizzo di due tipi di interfaccia. Il primo è indipendente dal dispositivo utilizzato per l'accesso e si riferisce a dispositivi controllati a programma, mentre il secondo è dipendente dal dispositivo ed è utilizzato con unità di accesso a programma cablato. L'accesso, in ogni caso, avviene con un protocollo standardizzato.

Lo standard, costituito dalle regole di accesso, così come è stato definito in Canada dal gruppo che si occupa del collegamento di computer, è stato chiamato SNAP (Standard Network Access Protocol) conosciuto internazionalmente come X.25. Lo SNAP regola:

- lo standard di controllo del data link;
- lo standard del Datagram (ora abbandonato dagli utenti per il circuito virtuale che non comporta perdite o duplicazioni di messaggi o ordine di arrivo non sequenziale dei pacchetti);
- lo standard della virtual call.

È proprio il data link che dipende fortemente dal tipo di terminale utilizzato. Per terminali a pacchetto, il protocollo è quello stabilito dalla X.25, mentre per i terminali byte oriented, il procollo è di tipo BSC IBM compatibile.

Lo SNAP è suddiviso in tre livelli di controllo indipendenti:

- livello fisico di interfaccia: è costituito da un circuito sincrono a 4 fili di tipo punto a punto, collegante il terminale alla rete. Se il protocollo di linea è l'HDLC, la trasmissione è full duplex, mentre se il protocollo è il BSC, la trasmissione è half duplex. L'interfaccia elettrica è conforme a quanto stabilito dalla raccomandazione CCITT V. 24 (RS232 EIA);
- livello di frame (virtuale): controlla il trasferimento dei dati su un singolo circuito di accesso alla rete;
- livello di pacchetto (virtuale): controlla il trasferimento dei dati provenienti da DTE di tipo multicanale.

Protocolli diversi da quelli standard di rete compresi nello SNAP richiedono, per interfacciarsi, l'utilizzazione di apposite interfacce chiamate NIM.

Il NIM (equivalente al PAD) contiene il software necessario per convertire i dati in pacchetti con caratteristiche SNAP compatibili. Tra i protocolli che lo SNAP permette di utilizzare, vi è anche il protocollo IBM di tipo multileaving.

Rete GTE - Telenet

La rete GTE - Telenet collega alcune centinaia di centri degli Stati Uniti e, ad essa è possibile accedere da un largo numero di nazioni.

Oltre al servizio di supporto per trasmissione dati è possibile accedere a servizi particolari, come, ad esempio, il servizio Telemail di posta elettronica supportato per l'intera rete da un elaboratore Tandem funzionante secondo il principio non-stop con duplicazione completa di tutti i dati di utente.

La rete GTE - Telenet è costituita da nodi (TP) e da concentratori (anche con funzione di PAD) realizzati in tecnica modulare multiprocessore, in modo da permettere all'utente una facile espandibilità (Figura 11.21).

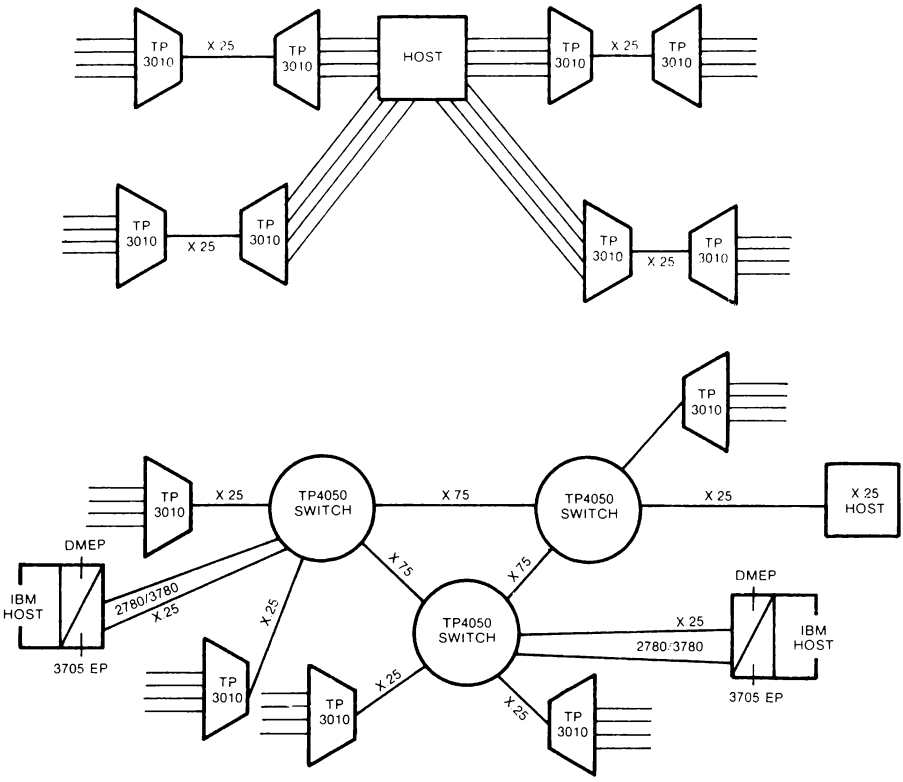


Figura 11.21 — Strutture di rete implementari con i dispositivi GTE-Telenet.

Questi elaboratori eseguono le funzioni di commutazione, di conversione di codice e di interfacciamento dei DTE verso la rete.

Concentratori e nodi convertono i dati ricevuti in pacchetti X.25, rendendoli omogenei con il controllo di rete. La gestione delle apparecchiature di rete (nodi, PAD,

concentratori di primo livello o di livello inferiore), è fatta mediante un centro di controllo costituito da elaboratori che svolgono funzioni di caricamento a distanza del software residente nelle apparecchiature di rete, di diagnostica e di raccolta ed elaborazione delle informazioni statistiche e di addebito.

La rete GTE - Telenet supporta, oltre a terminali a pacchetto X.25, tre famiglie di DTE:

- terminali asincroni: il collegamento di terminali asincroni avviene mediante la loro connessione ad un concentratore con funzione di PAD. Tra i più diffusi vengono supportati DTE che lavorano con protocollo TTY ed IBM 2741;
- terminali di tipo IBM 3270: terminali di tipo 3270 (o emulanti il 3270). Vengono gestiti sia se operanti in BSC che in SDLC, ed è possibile effettuare polling remoto, commutazione da terminale ad host e da terminale a terminale;
- terminali sincroni: vengono supportati previa loro connessione a un PAD. I protocolli disponibili sono quelli di tipo BSC, HDLC e HASP.

Il servizio fondamentale offerto è la chiamata virtuale, mentre un circuito virtuale permanente viene ottenuto mediante una opzione che permette, sulla base di chiamata, la connessione automatica con il chiamato. Oltre alle interfacce per DTE a pacchetto e start-stop, sono disponibili interfacce per il collegamento dei terminali più diffusi.

L'instradamento dei pacchetti è del tipo adattativo, dove il percorso rimane il medesimo per tutta la durata della chiamata.
rete attraverso cui transita la chiamata virtuale, si ha un reinstradamento automatico della chiamata stess, possibilmente su un percorso coinvolgente apparecchiature e giunzioni diverse.
e giunzioni diverse.

È possibile, inoltre, scegliere tra due opzioni:

- gruppi ciclici: più porte sono individuate mediante un solo indirizzo di rete, ed una chiamata inviata al gruppo viene diretta dalla rete alla prima porta libera.
- reinstradamento: quando un DTE non risponde, la chiamata a lui diretta, viene inviata ad un secondo DTE di indirizzo predefinito.

SERVIZI PRINCIPALI OFFERTI DA UNA RETE X.25

I servizi, offerti da una rete dati di tipo X.25, indicati in seguito con la più diffusa terminologia inglese di 'facilities' sono dei parametri opzionali mediante i quali l'utente è in grado di specificare in quale modo deve essere realizzata una chiamata e come la stessa deve evolversi. (Tabella 11.1). In funzione del tipo di rete, ed anche dell'influenza che hanno sulla stessa, le facilities vengono selezionate o al momento della sottoscrizione come utente o nell'ambito di ogni singola chiamata virtuale. Nel-

FACILITY INTERNAZIONALI	
facility	funzione
valore di default non standard per la finestra di trasmissione	il DTE può specificare una dimensione di default della finestra di trasmissione diverso da due.
valore di default non standard della dimensione del pacchetto	il DTE può specificare una dimensione di defaut del pacchetto diversa da 128.
valore di default non standard per la classe di throughput	il DTE può specificare come default una classe di throughput indipendente dalla velocità della linea di accesso del terminale.
chiamate entranti sbarrate	facility mediante la quale un DTE può essere abilitato a compiere solamente chiamate verso la rete.
chiamate uscenti sbarrate	facility mediante la quale un DTE può essere abilitato alla sola ricezione delle chiamate.
gruppo chiuso di utenti (CUG)	facility che permette di definire un gruppo di utenti che possono intercomunicare solamente tra loro impedendo qualsiasi chiamata diretta verso utenti non appartenenti al gruppo stesso anche se facenti parte della stessa rete dati.
CUG con accesso uscente	costituisce un miglioramento della facility precedente mediante la quale un DTE é in grado di chiamare DTE che non appartengono al gruppo chiuso di utenti
CUG con accesso entrante	come il caso precedente ma abilitante chiamate provenienti da DTE esterni al gruppo.
addebito al chiamato	permette di stabilire se il DTE deve accettare l'addebito delle chiamate entranti.
Fast Select	permette di definire se il DTE può accettare pacchetti del tipo relativo.
negoziazione del controllo del flusso	facility che permette di negoziare, su base di chiamata, i parametri che controllano il flusso dei dati.
negoziazione della classe di throughput	facility che, quando abilitata, permette di negoziare la classe di throughput su base di chiamata.
assegnazione del canale logico	facility che permette di assegnare un canale logico ad uno di quattro possibili gruppi.

Tabella 11.1 — Facility internazionali e funzioni corrispondente.

l'ultimo caso ci si riferisce ad esse come facilities su base di chiamata e la richiesta di un loro utilizzo viene indicata inserendo il relativo codice in un campo del pacchetto di 'richiesta di chiamata' e di 'chiamata entrante' o di 'chiamata accettata' e 'chiamata connessa' durante la fase di formazione del collegamento virtuale, precedente al passaggio nella fase dati.

Le facilities a disposizione di un utente X.25 vengono classificate in due gruppi in-

dicati rispettivamente con il nome di 'servizi base' e di 'servizi opzionali'. Mentre i servizi base sono disponibili praticamente su tutte le reti dati Pubbliche i servizi opzionali trovano riscontro solo su un sottoinsieme di quest'ultime e su reti dati private inerenti ad applicazioni non comuni.

Nel gruppo dei servizi base rientrano:

- gruppo chiuso di utenti
- negoziazione della classe di servizio
- negoziazione dei parametri per il controllo del flusso
- chiamate entranti od uscenti

mentre in quello dei servizi opzionali si trovano:

- addebito al chiamato
- ritrasmissione dei pacchetti
- canale logico unidirezionale
- chiamata abbreviata.

Nei paragrafi seguenti alcune delle facilities elencate sono ulteriormente chiarite dal punto di vista operativo e funzionale.

Formato della facility

Come accennato, le facilities selezionate dall'utente di una rete X.25 sono specificate da tre campi contenuti nei pacchetti elencati inerenti alla formazione del collegamento virtuale. Ciò è valido per ogni facility specificata dalla chiamata.

Il primo campo contiene il numero complessivo degli ottetti che costituiscono il campo e segue immediatamente, come posizione nel pacchetto, il campo indirizzo.

Il secondo campo contiene gli effettivi indicatori delle facilities selezionate mentre l'ultimo contiene invece il valore reale assegnato come parametro alle facilities selezionate.

Gruppo chiuso di utenti

L'utilizzo della facility indicata con il nome di 'gruppo chiuso di utenti' o con l'acronino CUG (Closed User Group) permette di limitare lo spazio degli indirizzi accessibili da parte di un particolare utente. I DTE accessibili sono un sottoinsieme di quelli effettivamente indirizzabili nell'ambito della globalità di una rete. L'utente è così in grado di ricevere od effettuare chiamate solo verso altri utenti il cui indirizzo sia contenuto in questo sottoinsieme particolare degli indirizzi di rete. L'importanza di questa facility emerge considerando come mediante essa sia possibile, nell'ambito di una rete dati pubblica di notevoli dimensioni, derivare una vera e propria rete privata

che utilizza la rete pubblica come supporto trasmissivo ma che risulta disgiunta per ciò che riguarda le sessioni di lavoro e le interconnessioni realizzabili.

La figura 11.22 mostra un esempio di realizzazione di più gruppi chiusi (nel caso due) nell'ambito di una più vasta rete dati.

I DTE 'a', 'b' e 'c' fanno parte del gruppo chiuso uno mentre i DTE 'a' e 'd' fanno parte del gruppo chiuso due.

Emerge qui un aspetto particolarmente interessante dei gruppi chiusi di utente e cioè che un utente può venire specificato come appartenente a più di un gruppo ed essere così in grado di effettuare chiamate o di riceverne dagli utenti dei due gruppi, utenti che però possono parlare solamente con utenti dello stesso gruppo.

Nell'esempio quindi i DTE 'b' e 'c' possono effettuare chiamate solo nell'ambito del primo gruppo, il DTE 'd' solo del secondo mentre il DTE 'a' può chiamare tutti gli utenti dei due gruppi.

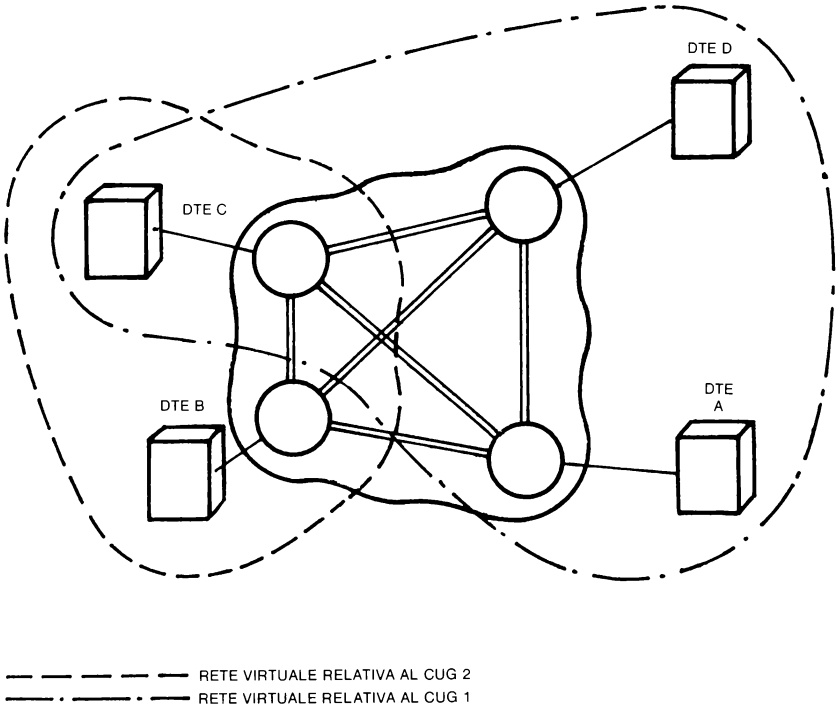


Figura 11.22 — I gruppi chiusi permettono di realizzare vere e proprie reti private utilizzando i dispositivi e le linee messe a disposizione da una rete pubblica.

Negoziazione dei parametri per il controllo del flusso dati

Il controllo del flusso dati assume una particolare importanza sia a livello di rete, dove permette di evitare congestioni e quindi un degrado delle capacità della stessa, che a livello end-to-end soprattutto quando la sessione vede collegati due DTE, Host o terminali, che operano a velocità diverse. La mancanza di un qualche tipo di controllo nello scambio dei dati potrebbe causare in quest'ultimo caso la perdita di dati significativi.

Attraverso il circuito virtuale il flusso dei dati avviene sotto controllo della finestra di trasmissione gestita a livello di pacchetto e di quella che viene scelta come lunghezza massima del pacchetto stesso.

I parametri relativi costituiscono generalmente un parametro fisso di rete od assegnato al momento della sottoscrizione e come tali stabiliscono automaticamente un limite superiore al volume dati scambiabile tra i DTE di un circuito virtuale.

Se i due DTE desiderano realizzare una chiamata virtuale con una velocità di trasferimento dei dati superiore a quello standard di rete ciò può essere fatto ampliando la finestra di trasmissione oppure diminuendo la lunghezza dei pacchetti dati scambiati dalla rete. Nel primo caso infatti l'aumento di throughput deriva dal maggior numero di pacchetti dati che possono essere inviati da un DTE prima che lo stesso debba sospendere la trasmissione in attesa di un messaggio di acquisizione da parte del destinatario (figura 11.23).

Nel secondo l'aumento deriva invece dal fatto che una dimensione inferiore del pacchetto dati permette di suddividere un messaggio in un numero maggiore di pacchetti aumentando così, a parità di dimensione della finestra di trasmissione, la velocità con cui lo stesso può propagarsi attraverso la rete di trasmissione sino al DTE remoto (figura 11.24). La possibilità di variare la lunghezza del pacchetto si rivela particolarmente utile quando vengono trasmessi i dati che la rete riceve da terminali a blocchi. Se la dimensione del blocco è anche di poco superiore alla dimensione massima del pacchetto ogni blocco dovrà essere scomposto in due pacchetti dati e si avrà quindi un maggior numero di caratteri di controllo a parità di dati utili trasmessi. La soluzione ideale consiste in tal caso nell'avere una dimensione del pacchetto tale da poter contenere esattamente un numero intero di blocchi dati.

Una miglior comprensione di come l'utilizzo di pacchetti più corti possa diminuire i tempi di spedizione si ha esaminando la figura 11.24.

In essa si rileva come i dati che costituiscono un pacchetto debbano esser completamente ricevuti da un nodo prima di essere inoltrati verso il nodo successivo e così via sino al DTE di destinazione.

Se il pacchetto ha dimensioni notevoli la sua ricezione richiede un tempo lungo e così aumenterà corrispondentemente il tempo che si dovrà attendere prima di procedere alla sua ritrasmissione.

Il caso peggiore si ha quando il messaggio viene fatto corrispondere alla lunghezza dell'intero messaggio nel qual caso il tempo globale di trasmissione sarà dato dal numero di tratte da percorrere moltiplicato per la durata del messaggio.

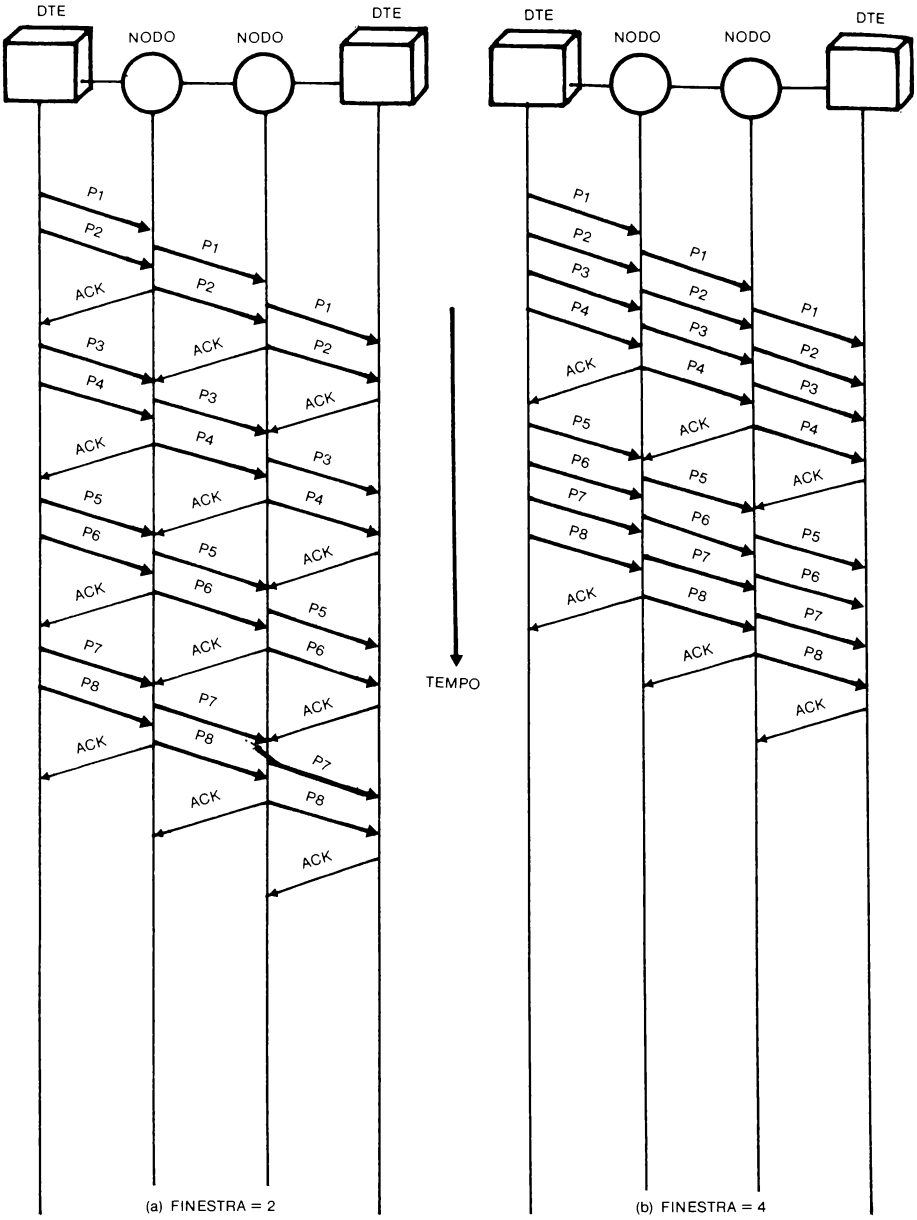


Figura 11.23 — L'aumento del valore della finestra di trasmissione diminuisce l'overhead causato sulla rete dal maggior numero di messaggi di acquisizione (indicati generalmente con 'ack').

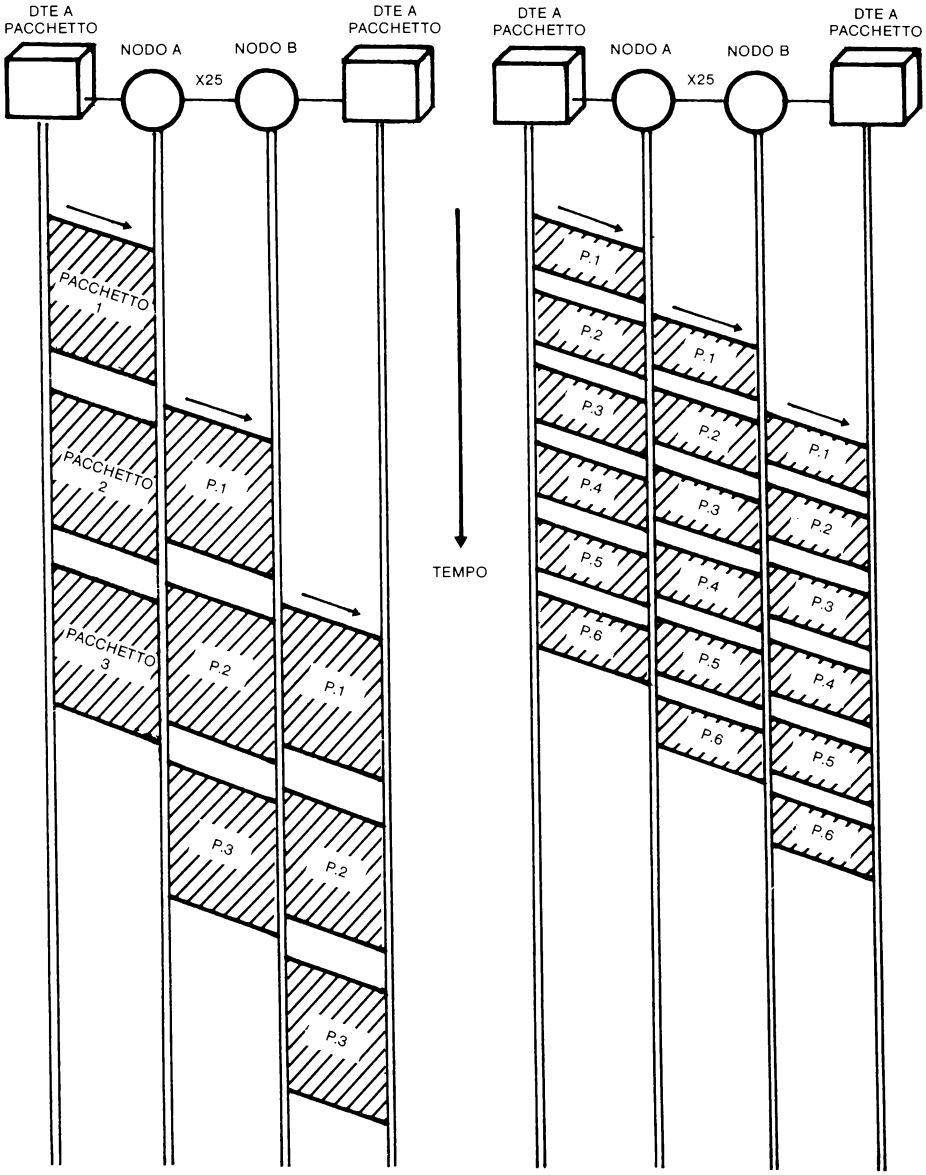


Figura 11.24 — Un messaggio suddiviso in un numero maggiore di pacchetti raggiunge il DTE di destinazione in un tempo più breve.

Suddividendo ogni pacchetto del messaggio di figura 11.24 in due pacchetti, i pacchetti che così si ottengono percorrono la rete più velocemente e giungono a destinazione in un tempo più breve di quanto si riscontra nel caso a.

L'aumento del numero dei pacchetti in cui un messaggio viene suddiviso provoca però un aumento di caratteri di controllo e di intestazione e quindi una diminuzione del throughput reale della linea. Diventa inoltre indispensabile procedere alla ricomposizione dei pacchetti nel messaggio originale e ciò richiede un incremento di capacità elaborativa. La dimensione del pacchetto deve quindi avere un valore funzione dell'applicazione e, tipicamente, essere né eccessivamente elevato né troppo breve.

La facility di negoziazione dei parametri, permettendo di fissare durante la fase di call set-up e di comune accordo con il DTE chiamato il valore dei parametri di controllo del flusso, pone l'utente in grado di utilizzare le risorse di rete nel modo più aderente possibile a quelle che sono le caratteristiche di velocità dei DTE tra cui deve essere realizzata la sessione dati.

La negoziazione dei parametri permette al DTE chiamante di selezionare sia la dimensione della finestra che del pacchetto mediante campi contenuti nel pacchetto di richiesta di chiamata (call request). La figura 11.25 mostra un esempio in cui il DTE chiamante indica al chiamato come desideri utilizzare una finestra di trasmissione con dimensione 4 e pacchetti dati di 256 ottetti.

Il DTE chiamato può sia accettare i valori propostigli dal chiamante che rifiutare la chiamata o negoziare nuovi valori dei parametri.

Nell'esempio di figura il DTE chiamato accetta il valore propostogli come dimensione del pacchetto mentre propone per la finestra una dimensione pari a due. In questo caso i valori dei parametri sono inviati al DTE chiamante inserendoli nei pacchetti di 'chiamata accettata' e di chiamata connessa diretti verso il DTE chiamante.

Negoziazione della classe di throughput

La classe di throughput di un circuito virtuale viene definita come il numero di bit al secondo che lo stesso è in grado di trasferire. Generalmente una classe viene assegnata ad un DTE al momento del suo collegamento alla rete (sottoscrizione) e con un valore corrispondente alla velocità del terminale. Anch'essa può essere negoziata su base di chiamata con le stesse modalità viste per la negoziazione dei parametri di controllo del flusso.

Chiamate sbarrate (entranti od uscenti)

La facility indicata con il nome di 'chiamate sbarrate' permette di selezionare un particolare DTE solamente per la trasmissione o per la ricezione indipendentemente dalle effettive capacità del terminale. Se sono sbarrate le chiamate uscenti il DTE potrà solamente ricevere chiamate provenienti dalla rete mentre se sono sbarrate le chiamate entranti il terminale sarà in grado di effettuare le sole chiamate verso la rete ed i terminali ad essa connessi eventualmente appartenenti al suo stesso gruppo chiuso.

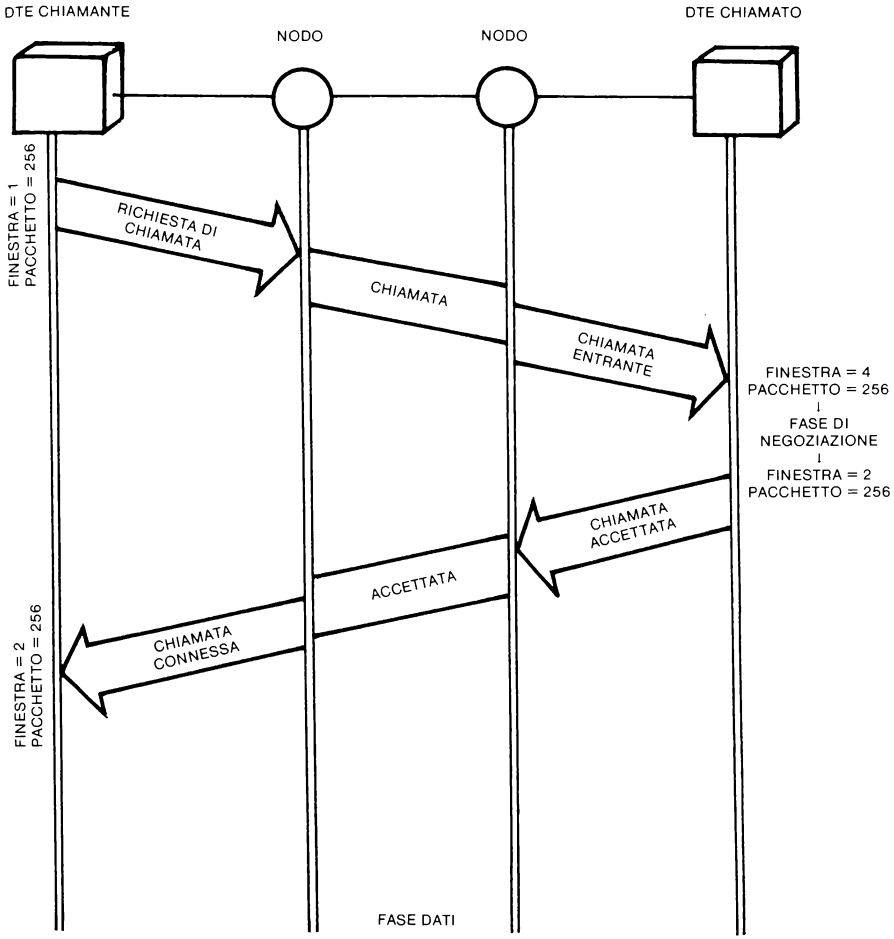


Figura 11.25 — La facility di negoziazione dei parametri di controllo del flusso permette, durante la fase di formazione del collegamento, di decidere di comune accordo tra chiamante e chiamato la dimensione della finestra di trasmissione e del pacchetto dati.

Anche questa facility, come le precedenti, viene richiesta e selezionata al momento della sottoscrizione come utente di una rete pubblica od al collegamento alla rete privata.

Il DTE non ha nessuna visibilità, nel caso non possa ricevere chiamate, delle chiamate a lui dirette in quanto è il nodo di rete a cui è connesso che provvede a rifiutare le chiamate entranti dirette al DTE ed a segnalare al nodo chiamante la impossibilità a riceverle.

Addebito al chiamato

La facility di 'addebito al chiamato' permette ad un DTE di richiedere, nella chiamata, che l'addebito della stessa sia fatto al DTE chiamato. Se il DTE chiamato ha selezionato positivamente la facility di addebito il nodo accetta la chiamata entrante e la inoltra al terminale.

Nel caso la facility non sia selezionata il nodo procede all'avvio della fase di svincolo senza minimamente interessare il DTE chiamato (figura 11.26).

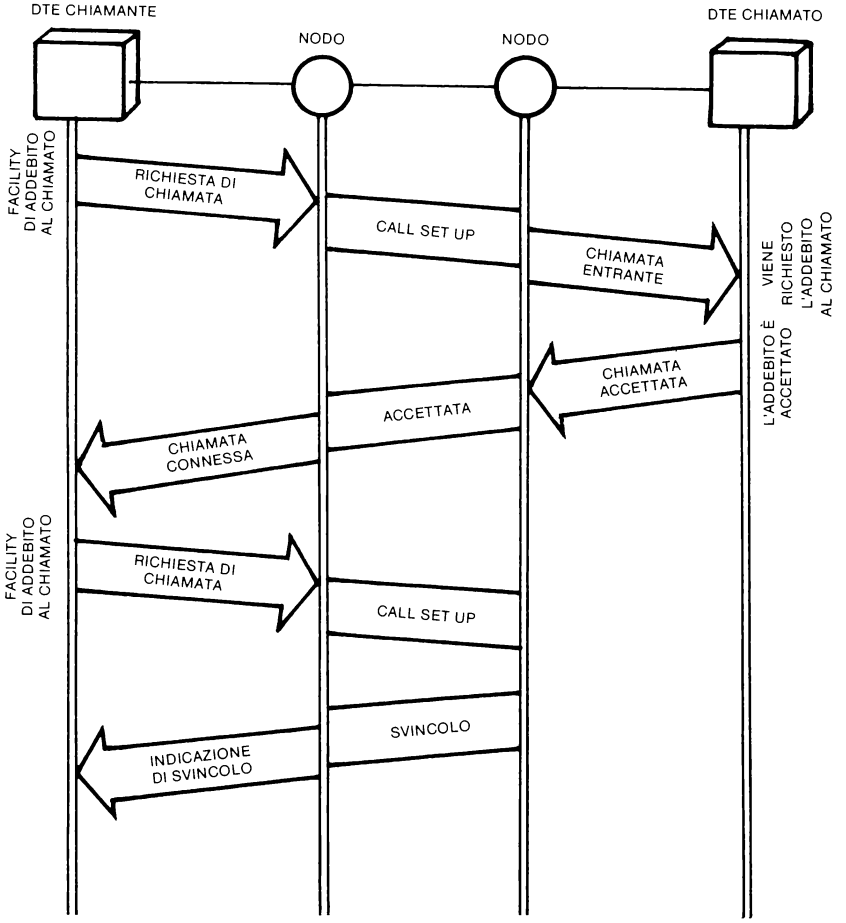
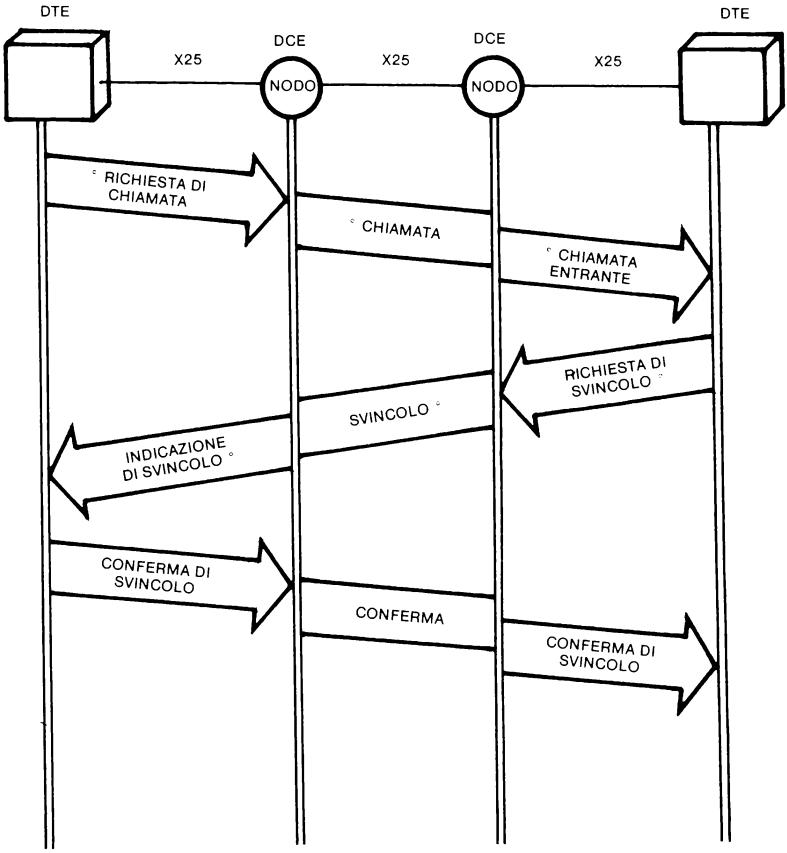


Figura 11.26 — La facility di addebito al chiamato permette di chiedere al DTE chiamato (generalmente un Host) se accetta l'addebito della chiamata. In caso contrario si ha lo svincolo ed il terminale chiamante riceve dalla rete un messaggio di disconnessione indicante la causa dello svincolo.

Chiamata abbreviata

Questa facility, chiamata più comunemente 'Fast Select' permette di inserire sino a 128 ottetti di dati di utente nei pacchetti di 'richiesta di chiamata', di 'chiamata accettata' e di 'richiesta di svincolo'.

Ciò è particolarmente vantaggioso in tutte quelle chiamate che richiedono lo scambio tra DTE chiamante e chiamato di un solo pacchetto informativo. La figura 11.27 illustra come evolve la chiamata mediante l'utilizzo della facility di 'fast select'. L'esempio riporta una chiamata seguita immediatamente dallo svincolo ed in essa è possibile osservare come mediante tre soli pacchetti sia possibile scambiarsi reciprocamente due insiemi di informazioni di un massimo di 128 bytes ciascuno.



° PACCHETTI CHE POSSONO CONTENERE SINO A 128 BYTES DI DATI

Figura 11.27 — Fast Select seguita da uno svincolo.

Anche in questo caso, come già visto per l'addebito al chiamato, il tentativo di stabilire la connessione ha esito positivo solamente nel caso in cui anche il DTE remoto abbia sottoscritto il servizio, in caso contrario la chiamata entrante viene rifiutata e la chiamata abbattuta.

La facility di Fast Select permette inoltre di rispondere ad una Chiamata Entrante con un pacchetto di Chiamata Accettata. In questo caso entrambi i pacchetti possono contenere sino a 128 dati di utente. Dopo il completamento del collegamento la chiamata prosegue normalmente, la facility non è più attiva, e quindi ai pacchetti di svincolo non possono essere aggiunti dati di utente. La figura 11.28 illustra questo secondo esempio di Fast Select.

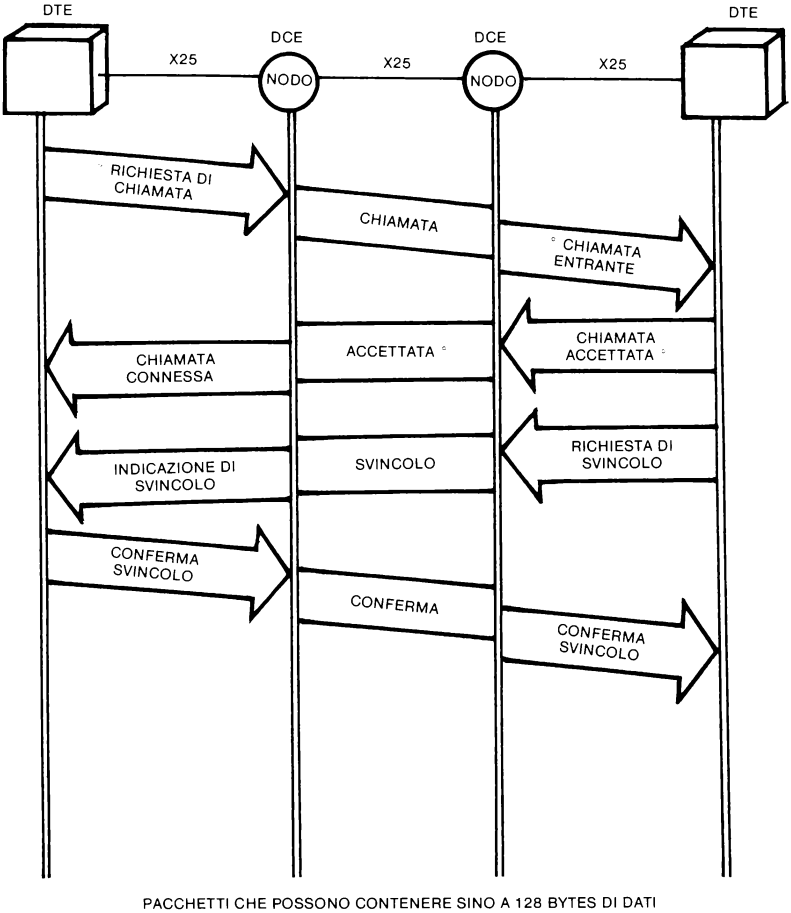


Figura 11.28 — Fast Select con fase di formazione del collegamento (call set-up).

Assegnazione del canale logico

Mediante l'utilizzo di questa facility un DTE può migliorare l'utilizzazione dei canali logici suddividendoli in quattro categorie:

a) circuiti virtuali permanenti: canali logici che si trovano permanentemente nella fase di trasferimento dati e per i quali non esiste la fase di call set-up.

b) chiamate entranti unidirezionali: insieme dei canali logici per i quali sono possibili le sole chiamate virtuali commutate iniziate dal DCE (rete) mediante l'invio al DTE, sul canale relativo, di un pacchetto di Chiamata Entrante.

c) chiamate uscenti unidirezionali: sono circuiti virtuali commutati per i quali solamente il DTE di utente può iniziare una Richiesta di Chiamata verso il DCE di rete.

d) chiamate virtuali bidirezionali: circuiti virtuali commutati senza alcuna restrizione su chi può iniziare una chiamata. Nel caso però che sia stato definito un gruppo di circuiti unidirezionali entranti il DCE di rete cercherà di instradare le chiamate entranti utilizzando un canale logico appartenente a questa categoria.

Nei casi b e c è inoltre utile notare che se tutti i circuiti disponibili appartengono ad una delle due categorie ciò equivale alla condizione di chiamate uscenti sbarrate o di chiamate entranti sbarrate.

La suddivisione dei 4095 canali nei gruppi precedenti deve essere fatta in modo che il numero inferiore di una categoria sia un circuito logico multiplo di 256. In questo modo ogni categoria selezionata può essere fatta corrispondere ad un numero intero di gruppi.

Quando questa facility non viene selezionata tutti i canali logici che costituiscono l'interfaccia tra la rete ed il DTE d'utente vengono assegnati per default alla categoria dei circuiti virtuali commutati bidirezionali.

CAPITOLO 12

IL LIVELLO 3 DELLA X.25 E LA RETE PUBBLICA ITALIANA

Nei capitoli precedenti sono stati analizzati i principali protocolli esistenti, soffermandosi in particolar modo sui tipi orientati al bit.

Particolare enfasi è stata data alla raccomandazione X.25 del CCITT, diventata ormai lo standard internazionale per le reti a commutazione di pacchetto e alla quale hanno finito con l'adeguarsi anche i maggiori costruttori e fornitori di computer.

Della X.25 sono state illustrate le caratteristiche essenziali inerenti ai suoi tre livelli e, in particolare, del livello 2 (realizzato mediante il protocollo HDLC) si sono inoltre descritte le diverse fasi operative e le modalità con cui vengono inviati in linea i messaggi o si procede al recovery degli errori di trasmissione.

Per completare la descrizione della X.25, è necessario vedere come opera il livello 3 che è il vero e proprio livello di pacchetto e che gestisce i canali virtuali concentrati poi dal livello 2 su un unico canale fisico (livello 1). Un'analisi approfondita del modo in cui opera il livello 3 permette, inoltre, una maggiore comprensione del moda operativo della rete pubblica italiana (ITAPAC), che utilizza appunto la normativa X.25 come raccomandazione di riferimento e di cui si parlerà più approfonditamente nella seconda parte del capitolo.

X.25 LIVELLO 3 (DI PACCHETTO)

Il livello 3 della normativa X.25 è un livello virtuale che utilizza in modo trasparente il livello 2 come mezzo di trasporto dei pacchetti originati.

A livello di pacchetto è quindi come se il livello 3 del terminale di utente colloquiasse direttamente con il livello 3 della rete a cui è connesso.

Ciascun pacchetto da inviare alla rete viene inserito nel campo informativo di una trama di livello 2, e un solo pacchetto può essere contenuto in tale campo.

Allo scopo di rendere possibili simultaneamente più chiamate virtuali o circuiti virtuali permanenti, si utilizza (come visto) il concetto di canale logico. A ciascun circuito virtuale, commutato o permanente, è assegnato un numero di gruppo di canale

logico (da 0 a 15) e un numero di canale logico (da 0 a 255) su cui viaggeranno i pacchetti scambiati durante l'intera sessione di lavoro.

Per i circuiti virtuali permanenti l'assegnazione del numero di gruppo e di canale viene fatta al momento dell'abbonamento al servizio, in accordo con l'amministrazione nazionale.

Per l'insieme dei canali logici utilizzati per le chiamate virtuali valgono le stesse considerazioni fatte per i circuiti virtuali permanenti.

La descrizione delle diverse fasi di una chiamata virtuale fa riferimento ai diagrammi di flusso illustrati in figura 12.1 che descrivono gli stati in cui si può venire a trovare il canale utilizzato per collegare il terminale alla rete.

CHIAMATE VIRTUALI

Per chiamata virtuale si intende un abbinamento temporaneo (nel senso che permane solamente per la durata del collegamento) tra il DTE chiamante ed il DTE chiamato, iniziato dal chiamante mediante l'invio di un pacchetto di richiesta di chiamata alla rete su di un canale logico di connessione libero. La sequenza per stabilire una chiamata virtuale è descritta in figura 12.2, ed è valida anche per ciascuno dei canali logici utilizzati per effettuare chiamate virtuali.

Basandoci sul diagramma degli stati illustrato in figura 12.2, analizziamo il significato delle azioni che vengono intraprese nei diversi stati relativamente alle chiamate originate o ricevute.

Richiesta di chiamata (call request) e formazione del collegamento

Quando un terminale (DTE) di tipo a pacchetto desidera collegarsi con un secondo terminale, invia alla rete di commutazione un pacchetto di "richiesta di chiamata". In seguito a tale richiesta, e successivamente all'invio del pacchetto, il canale logico selezionato dal DTE (su cui viaggeranno tutti i successivi pacchetti inerenti alla sessione) viene posto nello stato di "DTE in attesa' (DTE waiting-P2).

L'indirizzo dell'utente a cui la chiamata è destinata è contenuto in un campo del pacchetto inviato alla rete. Ai fini pratici l'indirizzo del DTE chiamato può essere un indirizzo di rete, un indirizzo abbreviato o qualsiasi altra identificazione che sia stata concordata in precedenza tra DTE e DCE.

Ricevuto il pacchetto di richiesta di chiamata inviato dal DTE chiamante, la rete (DCE) segnala al terminale a pacchetto (DTE) indirizzato che un terminale desidera trasmettergli dati inviandogli un pacchetto di "chiamata entrante". Alla ricezione del pacchetto il canale logico selezionato per la sessione di trasmissione, viene posto nello stato di "DCE in attesa" (DCE waiting). Ai fini dell'assegnazione del canale, il pacchetto di chiamata entrante viene inviato sul canale che si trova nello stato di "pronto" (ready) che ha il numero più basso tra quelli liberi, in modo da evitare collisioni con le chiamate uscenti a cui l'assegnazione dei canali viene fatta partendo dal canale libero con numero più alto. Il pacchetto di chiamata entrante contiene l'indirizzo del terminale (DTE) chiamato.

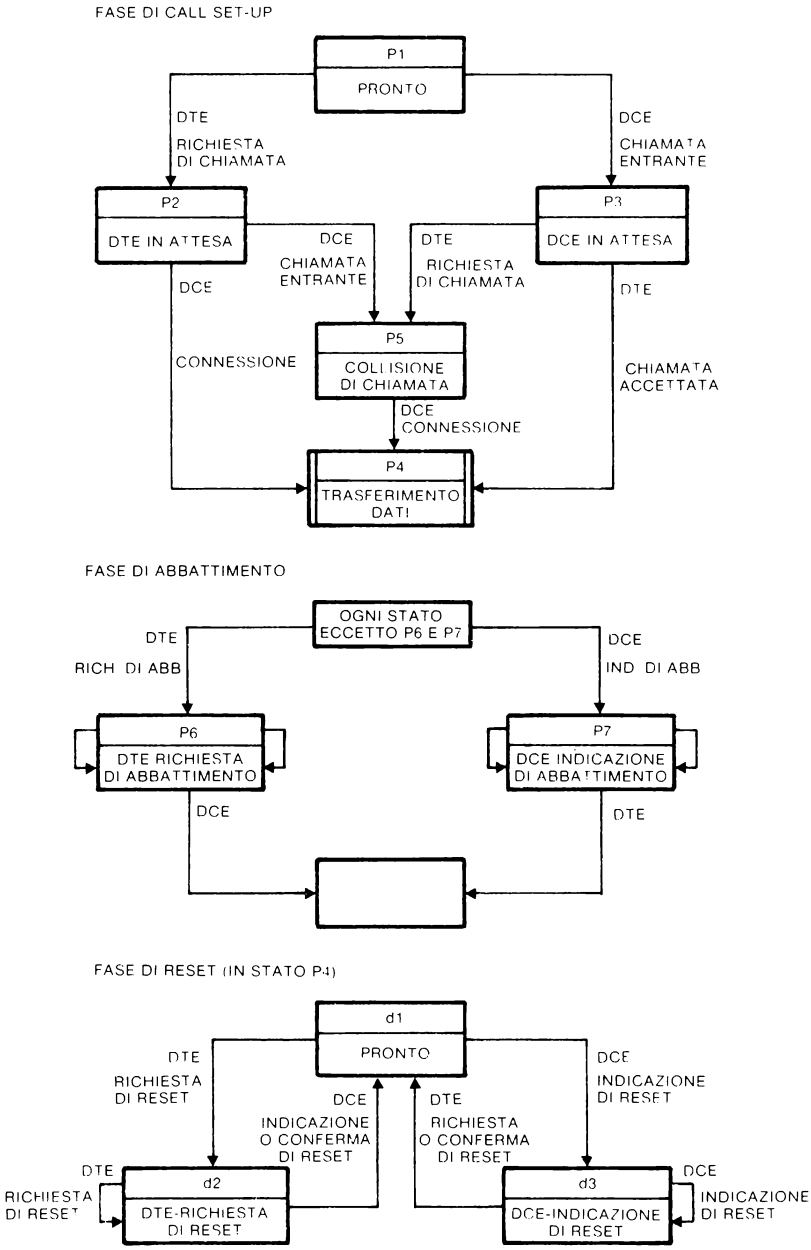


Figura 12.1 — Diagramma degli stati inerenti alla formazione ed all'abbattimento della chiamata.

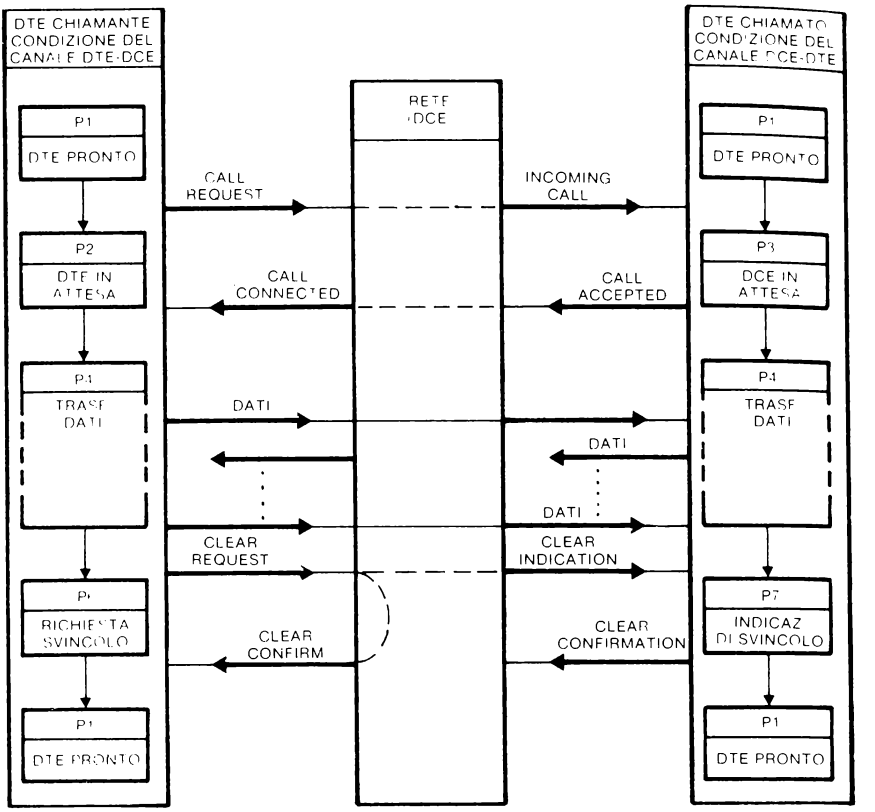
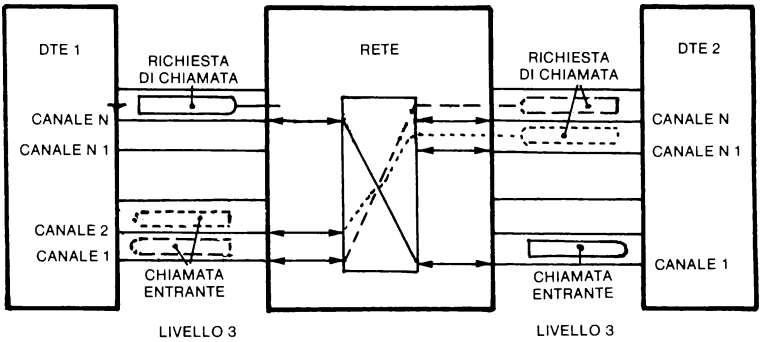


Figura 12.2 — Relazione tra i pacchetti scambiati tra i DTE e la rete in dipendenza dello stato di una chiamata.

La figura sotto riportata chiarisce meglio la metodologia di assegnazione dei canali. Supponiamo che tra il DTE 1 e la rete esistono N canali logici (lo stesso numero esiste anche tra rete e DTE 2), e che i DTE possano (come quando sono elaboratori di medie/grandi dimensioni) effettuare e ricevere più chiamate contemporaneamente.

Partendo dalla condizione in cui non è in atto alcuna sessione di trasmissione, se il DTE 1 effettua una chiamata verso il DTE 2 si occupano rispettivamente il canale N per il collegamento DTE 1-rete, e il canale 1 per il collegamento rete-DTE 2.

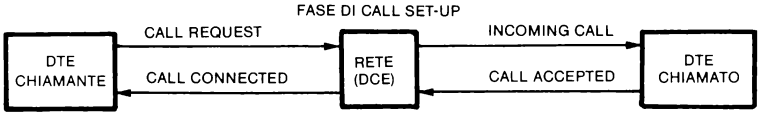
Se ora il DTE 2 effettua due sessioni di trasmissione verso il DTE 1 verranno occupati in sequenza i canali N ed N-1 tra DTE 2-rete ed i canali 1 e 2 tra rete e DTE 1.



Se il terminale indirizzato è in grado di ricevere la chiamata entrante, risponde alla rete inviandole un pacchetto di "chiamata accettata" facendo riferimento, nell'apposito campo, allo stesso canale logico indicato nel pacchetto di chiamata entrante.

Il canale logico viene in seguito posto nello stato di "trasferimento dati" (P4).

Quando il DTE chiamante riceve dalla rete un pacchetto di "chiamata connessa" riferentesi al canale logico selezionato precedentemente per il pacchetto di "richiesta di chiamata", lo interpreta come disponibilità della rete e del DTE chiamato ad effettuare il collegamento ed il canale logico viene posto nello stato P4 di trasferimento dati. A questo punto può aver luogo l'effettivo trasferimento delle informazioni.



Un caso particolare si può verificare quando il terminale (DTE) e la rete di commutazione (DCE) inviano contemporaneamente sullo stesso canale logico un pacchetto di richiesta di chiamata e di chiamata entrante. In tal caso il DCE prosegue con la richiesta di chiamata ed ignora la chiamata proveniente da rete.

Svincolo da parte di un terminale (DTE) ed abbattimento del collegamento

Durante la sessione di trasmissione un terminale può richiedere lo svincolo (terminare cioé il collegamento) inviando alla rete il pacchetto di "richiesta di svincolo". Quando la rete è pronta a liberare il canale logico dedicato alla sessione, risponde alla richiesta con un pacchetto di "conferma svincolo" specificando il canale logico a cui il pacchetto si riferisce. Il canale logico liberato ritorna nello stato di pronto (P1).

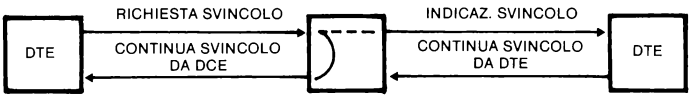
Ricevuta l'indicazione di svincolo dal DTE, la rete indica che la sessione deve essere interrotta o terminata mediante l'invio al secondo terminale di un pacchetto di

"indicazione di svincolo", azione che porta il canale logico nello stato P7 di "indicazione di svincolo" da DCE. Il terminale risponde a sua volta con un pacchetto di conferma svincolo ed il canale si riporta nello stato P1 di pronto rendendosi disponibile per altre chiamate.

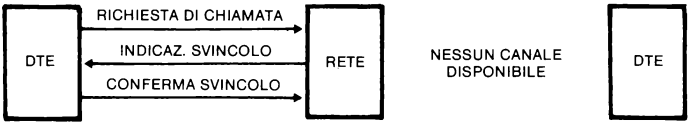
Lo svincolo può essere richiesto in condizioni diverse.

Un primo caso è quello in cui due DTE stanno conversando ed uno dei due si trova nella condizione di interrompere il collegamento.

Il DTE interessato invia a tal fine il pacchetto di richiesta di svincolo indicando il canale a cui tale azione si riferisce. Il DCE libera immediatamente il canale indicato rispondendo con un pacchetto di conferma. Lo svincolo del secondo DTE viene invece iniziato dalla rete mediante l'invio di un pacchetto di indicazione di svincolo, e completato dal DTE mediante risposta con un pacchetto di conferma dello stesso.



Un secondo esempio si ha quando un DTE invia una richiesta di chiamata a cui la rete risponde con un pacchetto di indicazione di svincolo che contiene l'indicazione della causa per cui la richiesta non può essere accolta. Se per esempio viene chiamato un DTE i cui canali logici risultano tutti occupati, viene inviato al DTE chiamante un pacchetto di indicazione di svincolo con il campo che specifica la causa dello svincolo, contenente il codice corrispondente alla condizione di "number busy".



Anche nella fase di svincolo si può riscontrare una condizione di collisione. Ciò si verifica quando DTE e DCE inviano contemporaneamente un pacchetto di richiesta di svincolo e di indicazione di svincolo inerenti allo stesso canale logico. Il DCE, in tal caso, considera completato lo svincolo e non risponde con il pacchetto di conferma svincolo.

Un caso particolare si ha invece quando un collegamento non può essere stabilito. La rete invia allora al terminale chiamante un pacchetto di indicazione di svincolo, specificando lo stesso numero di canale logico indicato nel pacchetto di richiesta di chiamata

CIRCUITI VIRTUALI PERMANENTI

Per circuito virtuale permanente si intende una associazione permanente tra due DTE. In tal caso, se il livello 1 (fisico) e 2 (link) sono attivi, tra i due terminali è possibile l'invio di pacchetti dati mediante l'utilizzazione di canali logici allocati in modo permanente su un circuito virtuale. Per i circuiti virtuali permanenti non esiste quindi la fase di formazione del collegamento (call set-up) o di abbattimento ed il canale logico si trova permanentemente nello stato P4 di "trasferimento dati".

Ne consegue che ai fini pratici un circuito virtuale permanente risulta essere simile ad un collegamento su linea privata di tipo punto a punto.

TRASFERIMENTO TRA DTE DEI PACCHETTI DATI E DI INTERRUPT

Il trasferimento da chiamato a chiamante di pacchetti dati e di pacchetti con funzione di interrupt può avvenire solamente durante la fase dati. In questo stato la trasmissione dati sul canale logico impegnato è regolata da apposite procedure di controllo sia per ciò che è inerente al flusso dei pacchetti dati, sia per l'invio di pacchetti di reset.

I pacchetti trasmessi da un terminale nella fase dati vengono ignorati dalla rete quando il canale logico è posto nello stato di indicazione di svincolo. Il DTE può inoltre ricevere i pacchetti anche quando l'interfaccia si trova nello stato di richiesta di svincolo.

I pacchetti trasmessi da un terminale nella fase dati vengono ignorati dalla rete quando il canale logico è posto nello stato di indicazione di svincolo. Il DTE può inoltre ricevere i pacchetti anche quando l'interfaccia si trova nello stato di richiesta di svincolo.

Numerazione dei pacchetti - Ogni pacchetto dati inviato in linea da un terminale, sia durante una chiamata virtuale che permanente, viene numerato sequenzialmente. È da tener presente che tale numerazione è indipendente da quella che viene fatta nel livello 2 ed è specifica per ogni canale. Nel livello 2 (HDLC) la numerazione sequenziale dei pacchetti si riferisce a informazioni che possono appartenere a canali logici diversi (figura 12.3).

Lo schema di numerazione sequenziale dei pacchetti è effettuato con modulo 8 ed il numero dei pacchetti varia ciclicamente da 0 a 7.

Come prestazione supplementare è possibile utilizzare uno schema di numerazione esteso con modulo 128.

È da notare che solamente i pacchetti dati contengono questo numero (indicato con P(S)) di sequenza di invio, e che il primo pacchetto trasmesso attraverso l'interfaccia DTE-DCE (terminale-rete) ha un numero di sequenza di invio P(S) = 0.

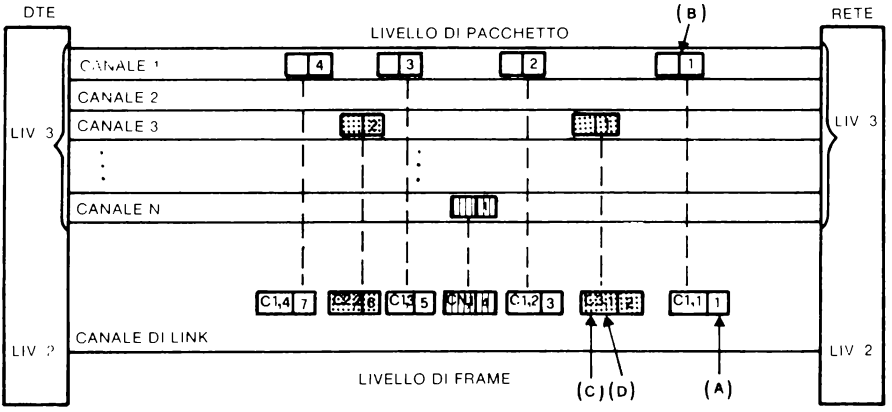
Lunghezza del campo dati - La lunghezza massima del campo dati dei pacchetti è di 128 ottetti. Il campo dei pacchetti trasmessi può contenere qualsiasi numero di bit sino ad un massimo concordato con il gestore della rete in dipendenza delle caratteristiche della stessa. Una sequenza di dati, suddivisa su più di un pacchetto, viene

contrassegnata da un flag che assume il significato di "seguono ulteriori dati" (more bit) e indicante alla rete che il pacchetto così caratterizzato può essere combinato, all'interno della stessa, con il pacchetto dati seguente al fine di ottimizzare il tempo di transito.

Si possono avere due tipi di pacchetti dati:

- tipo 1: pacchetti che non hanno la lunghezza massima locale del campo dati con o senza flag indicante dati successivi (bit M);
- tipo 2: pacchetti che hanno la lunghezza massima locale del campo dati ed il flag indicante dati successivi.

I pacchetti del tipo 1 non vengono combinati con i dati dei pacchetti successivi. Una sequenza completa di pacchetti viene definita come formata da un unico pacchetto di tipo 1, oppure da più pacchetti di tipo 2 terminati da un pacchetto di tipo 1. Una sequenza completa di pacchetti trasmessa dal DTE originario, viene sempre rinviata al DTE indirizzato come una sequenza completa di pacchetti. Ne consegue che una rete, all'interno della quale si abbia una lunghezza massima di campo dati, non ha bisogno di intraprendere alcuna azione in conseguenza dell'indicazione di "dati seguenti".



A - NUMERAZIONE PROGRESSIVA DEL FRAME INDIPENDENTE DAL CANALE DI LIVELLO 3
B - NUMERAZIONE PROGRESSIVA DI LIVELLO 3
C - CANALE A CUI IL FRAME SI RIFERISCE
D - NUMERAZIONE PROGRESSIVA DEL PACCHETTO

Figura 12.3 — Numerazione dei pacchetti nel livello 2 e 3.

Qualificazione dei dati mediante il bit Q

Una sequenza di pacchetti può appartenere ad uno dei due livelli di priorità individuato dal valore che viene assegnato ad un flag chiamato "data qualifier" o qualificatore dei dati.

Nel caso si utilizzi un solo livello, il bit data qualifier viene sempre posto a zero.

Quando si utilizzano due livelli prioritari il suo valore sarà zero od uno in funzione delle caratteristiche dei dati trasmessi; il suo valore dovrà essere costante in tutti i pacchetti di una stessa sequenza, in quanto non è possibile mischiare pacchetti di priorità diversa. In ogni caso la numerazione dei pacchetti è consecutiva e non tiene conto del loro livello di priorità.

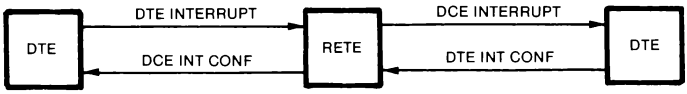
Procedura di interrupt

La procedura di interrupt può essere attivata solamente quando ci si trova nello stato D1 (pronto per il controllo del flusso) all'interno dello stato P4 di trasferimento dati e permette ad un DTE di inviare pacchetti dati di particolare urgenza al DTE indirizzato senza rispettare e seguire la normale procedura di invio e di controllo del flusso.

La procedura di interrupt non ha alcun effetto sulla procedura di controllo del flusso dati e di trasferimento riferentesi ai pacchetti di una chiamata virtuale o di un circuito virtuale permanente. Per attivare la funzione di interrupt un DTE deve inviare alla rete un pacchetto di "DTE interrupt".

Il DCE (rete) conferma la ricezione del pacchetto rispondendo con un pacchetto di "conferma interrupt", mentre la notifica dell'interrupt al DTE (terminale) remoto avviene mediante l'invio allo stesso di un pacchetto "DCE interrupt" contenente lo stesso campo dati del pacchetto DTE interrupt.

Il DTE chiamato conferma la ricezione del pacchetto di segnalazione dell'interrupt rispondendo al messaggio di rete con un pacchetto di "conferma all'interrupt da DTE".



Controllo del flusso

La frequenza di trasmissione dei pacchetti viene controllata separatamente per ogni direzione di trasmissione mediante dei messaggi di abilitazione a trasmettere, inviati o meno dalla stazione ricevente, in base alla dimensione di una finestra di trasmissione (di modulo 8 o 128) con caratteristiche simili a quanto avviene a livello di trama (livello 2).

Al momento della formazione di una chiamata virtuale o di un circuito virtuale permanente, la finestra ha, per ognuna delle direzioni di trasmissione, un valore inferiore uguale a zero, mentre la larghezza massima che può assumere (limite superiore) è uguale per tutti i canali logici e non supera il valore 7 se normale o 127 se estesa.

Il numero modulo 8 o 128 considerato come il numero di sequenza di ricezione P(R), trasferisce attraverso l'interfaccia DTE/DCE le informazioni per la trasmissione dei pacchetti dati. Un P(R) trasmesso verso rete dal ricevitore diventa l'estremità inferiore della finestra di ricezione. Quando il numero di sequenza P(S) del pacchet-

to dati che il DTE deve trasmettere si trova dentro gli estremi inferiore e superiore della finestra, lo stesso sarà accettato dal DCE, mentre quando ne è al di fuori la rete lo considererà come un errore ed attiverà la procedura di reset della chiamata in modo da riinizializzare il controllo del flusso dati.

La procedura lato terminale è sostanzialmente analoga a quanto viene fatto dalla rete. Il solo significato del valore P(R) è l'aggiornamento locale del valore inferiore della finestra, ma può assumere anche il significato di riscontro end-to-end dei pacchetti trasmessi, nel senso che un terminale che riceve dal corrispondente un pacchetto con il campo P(R) = X viene a sapere che i pacchetti inviati con una numerazione progressiva sino a P(S) = X-1 sono stati ricevuti correttamente.

Procedura di reset

La procedura di reset ha la funzione di riinizializzare il circuito virtuale annullando, per entrambe le direzioni di trasmissione, tutti i pacchetti sia di dati che di interrupt che possono trovarsi nella rete. La procedura di reset trova applicazione nello stato di trasferimento dati, in tutti gli altri stati viene ignorata. Quando una chiamata virtuale o un circuito virtuale permanente viene resettato, la finestra relativa alle direzioni di trasmissione assume un valore inferiore uguale a zero e, a partire da zero, inizierà anche la numerazione di pacchetti dati che verranno successivamente trasmessi. La richiesta di reset da parte del DTE avviene mediante la trasmissione di un pacchetto di "richiesta di reset" specificante il numero del canale logico a cui si riferisce: di conseguenza il canale interessato viene posto nello stato D2 (interno allo stato P4) di richiesta di reset da DTE.

A sua volta il DCE (rete) indicherà un reset trasmettendo al DTE un pacchetto di indicazione di reset, che specificherà sia il canale logico interessato sia la ragione stessa del reset. Ciò pone il canale in oggetto nello stato D3 di indicazione di reset da rete. In questo stato il terminale ignora sia i pacchetti dati che quelli di interrupt.

La collisione di reset si verifica quando un DTE ed un DCE (terminale e rete) si inviano simultaneamente un pacchetto di richiesta di reset e di indicazione di reset relativamente allo stesso canale logico. In tal caso, il secondo di questi viene considerato come una conferma di reset, ed il canale logico posto nello stato D1 di "controllo del flusso pronto". Quando il canale logico si trova nello stato di richiesta di reset da DTE, la rete conferma tale condizione inviando al terminale un pacchetto di conferma che pone il canale logico nello stato di controllo del flusso pronto. Se il canale logico si trova nello stato di indicazione di reset da rete, il terminale conferma il reset inviando alla rete un pacchetto di conferma e ponendo il canale nello stato di controllo di flusso pronto.

Procedura di restart

La procedura di restart permette l'abbattimento simultaneo di tutte le chiamate virtuali, ed effettua il reset di tutti i circuiti virtuali permanenti relativi all'interfaccia terminale-rete interessata dall'operazione.

Mentre la procedura di reset viene utilizzata per riinizializzare il controllo del flusso su un certo circuito virtuale senza però abbattere il collegamento, la procedura di restart abbatte invece tutti i circuiti virtuali commutati, e per ripartire è necessario ripetere per ogni chiamata la procedura di "call set-up".

Un DTE può richiedere il restart inviando alla rete il pacchetto di richiesta di restart. Come conseguenza l'interfaccia di ogni canale logico viene posta nello stato di richiesta di restart da DTE. La rete conferma il restart rispondendo con un pacchetto di conferma e ponendo i canali logici relativi alle chiamate virtuali nello stato di pronto e quelli relativi ai circuiti virtuali permanenti nello stato di controllo del flusso pronto.

L'indicazione di restart da rete avviene mediante l'invio di un pacchetto che segnala che è necessario procedere ad un restart.

Conseguentemente l'interfaccia di ciascun canale logico viene posta nello stato di indicazione di restart da rete, e la rete ignora successivamente i pacchetti dati, interrupt, call set-up, svincolo, controllo del flusso e di reset.

Il terminale conferma la ricezione della notifica di restart rispondendo con un pacchetto di "conferma da DTE del restart", e ponendo i canali logici relativi alle chiamate virtuali nello stato di pronto e quelli per i circuiti virtuali permanenti nello stato di controllo del flusso pronto. La collisione di restart avviene quando un DTE e la rete inviano contemporaneamente pacchetti di richiesta e di indicazione di restart.

In tale condizione la rete considera il restart completato e non si aspetta un pacchetto di conferma, tralasciando pure l'invio del pacchetto relativo. La procedura di restart viene utilizzata generalmente dai terminali allo scopo di fronteggiare guasti gravi.

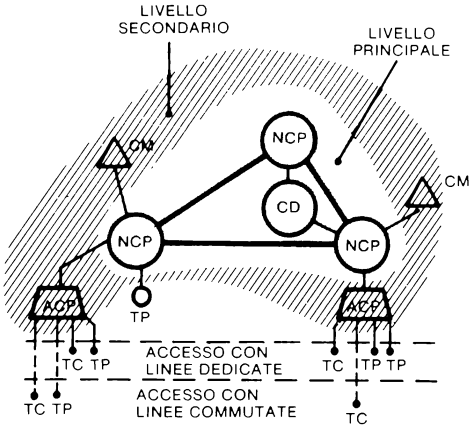
L'invio di un pacchetto di richiesta di restart equivale a quello di un pacchetto di richiesta di svincolo per tutte le chiamate virtuali e di uno di reset per tutti i circuiti virtuali permanenti.

LA RETE PUBBLICA ITALIANA

La rete italiana a commutazione di pacchetto, recentemente inaugurata, è costituita da due livelli principali (figura 12.4).

Il primo livello comprende i nodi che effettuano la commutazione (NCP - Nodi a commutazione di pacchetto) dei pacchetti dati, in un primo tempo, installati a Milano, Roma, Napoli, Firenze e Torino con collegamento del tipo a maglia completa in grado di supportare un traffico dati iniziali di circa 5000 utenti.

Il secondo livello ha invece la funzione di concentrare l'utenza periferica verso i nodi di commutazione, ed è costituito da un certo numero di concentratori (ACP - Adattatori/Concentratori di pacchetto) collegati al nodo di appartenenza. Il collegamento tra i nodi è realizzato mediante linee di giunzione ad alta velocità di 64 kbit/s, mentre tra concentratori e nodi la trasmissione è a media velocità.



NCP - NODO A COMMUTAZIONE DI PACCHETTO.
ACP - ADATTATORE CONCENTRATORE A PACCHETTO.
CD - CENTRO DI GESTIONE.
CM - CENTRO DI MANUTENZIONE.
TC - TERMINALE A CARATTERE.
TP - TERMINALE A PACCHETTO.

Figura 12.4 — Architettura della rete nazionale a commutazione di pacchetto.

INTERFACCIAMENTO DELL'UTENZA

Il collegamento degli utenti può essere fatto direttamente ai nodi della rete o tramite collegamento ai concentratori, in funzione del tipo di protocollo utilizzato. Limitatamente alle caratteristiche elettriche (livello 1) è utilizzata un'interfaccia di tipo X.20 bis/X.21 bis, mentre per i livelli superiori è disponibile un'interfaccia di tipo X.25 per terminali a pacchetto, e del tipo X.28 per terminali a carattere che accedono mediante la funzione di PAD residente nei concentratori. La procedura utilizzata per il collegamento tra nodi (che non interessa direttamente l'utenza perché inerente totalmente alla rete) è basata sulla raccomandazione X.75 (simile alla X.25) del CCITT con pacchetti aventi una lunghezza di 128 ottetti in entrambi i livelli 2 e 3. Un modo di funzionamento esteso per ciò che riguarda sia la lunghezza dei pacchetti che il modulo di conteggio degli stessi (128 invece di 8), potrà essere disponibile come opzione per i nodi con funzione di gateway verso altre reti internazionali (Tabella 12.1 e 12.2).

Della normativa X.21 e X.21/bis con cui può essere realizzato il livello 1, è opportuno chiarire le caratteristiche essenziali. La X21/bis è, con un nome diverso, quanto stabilito dal CCITT a proposito della normativa V.24 più conosciuta come EIA RS232C.

La X.21/bis abilita un DTE ad operare su una linea analogica pubblica o privata per effettuare la connessione ad un concentratore o ad un nodo di commutazione, utilizzando un modem in grado di supportare la velocità trasmissiva richiesta.

			1 2 3 4 5 6 7 8	
FORMATO	COMANDI	RISPOSTE	CODIFICA	
Trasferimento informazione	I-Informazione		0 N (S)	P N (R)
Supervisione	RR-Pronto a ricevere RNR - Non pronto a ricevere REJ - Rifiuto di un pacchetto	RR-Pronto a ricevere RNR - Non pronto a ricevere REJ - Rifiuto	1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1	P/F N (R) P/F N (R) P/F N (R)
Non numerato	SABM - Inizio modo asincrono bilanciato DISC - Disconnessione	UA - Riscontro non numerato DM - Modo disconnesso FRMR - Rifiuto di trama	1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0	P 1 0 0 P 0 1 0 F 1 1 0 F 0 0 0 F 0 0 1

Tabella 12.1 — Formato dei comandi e delle risposte.

IDENTIFICATORE DI FORMATO		OTTETTO 1 BIT 8 7 6 5
Pacchetti dati	Schema di numerazione Modulo 8	X 0 0 1
	Schema di numerazione Modulo 128	X 0 1 0
Pacchetti di: Call setup, Svincolo, Controllo del flusso, Interrupt, Reset e Restart.	Schema di numerazione Modulo 8	0 0 0 1
	Schema di numerazione Modulo 128	0 0 1 0

Tabella 12.2 — Identificazione dello schema di numerazione.

La X.21 ha una struttura fisica e procedurale che si discosta notevolmente dalla universalmente nota X.21/bis (V.24) e che viene utilizzata quando la terminazione di rete che raggiunge il terminale di utente (DTE) è, invece che analogico, di tipo digitale (o numerico).

Contrariamente a quanto si riscontra con la V.24, la X.21 utilizza un numero estremamente ridotto di circuiti per l'interscambio tra rete (DCE) e terminale (DTE)

dei segnali atti a permettere il collegamento e il trasferimento dati. Mentre la X.21 descrive gli aspetti procedurali dell'interfaccia, la funzione degli otto circuiti che la costituiscono è descritta dalla raccomandazione X.24, e le caratteristiche elettriche (livelli di tensione, ecc.) trovano descrizione nella raccomandazione X.27 sempre nel CCITT.

La figura 12.5 riporta l'insieme dei circuiti della X.21 e la direzione di provenienza. I circuiti della X.21 possono essere suddivisi in due gruppi che comprendono nel primo la terra di riferimento, il ritorno comune e la temporizzazione di bit e di byte (quest'ultimo opzionale) e nel secondo i circuiti di trasmissione/ricezione e di controllo ("control" ed "indication").

Per ciò che riguarda la formazione e l'abbattimento del collegamento, la X.21 definisce una serie di stati in cui l'interfaccia si viene a trovare in analogia con quanto viene fatto per il livello di pacchetto.

Ogni stato viene univocamente individuato dalla condizione dei circuiti di "control" ed "indication" e dal livello dei circuiti di trasmissione e ricezione (rispettivamente "transmit" e "receive").

Il CCITT definisce, in proposito, il livello binario 1 come stato di off ed il livello 0 come stato di on.

Quando l'interfaccia si trova nello stato di riposo (o di "pronto"), i quattro circuiti sono al livello 1 e in tale condizione la procedura per effettuare una chiamata può essere iniziata sia dal DCE che dal DTE.

Facendo riferimento alla figura 12.5 (dove è il DTE che chiama), il terminale indica che desidera stabilire una chiamata passando il circuito, "control" dallo stato di off a quello di on, mentre il circuito "transmit" viene posto nello stato 0.

Quando la rete (DCE) è in grado di ricevere le informazioni che individuano il chiamato, invia al DTE (sul circuito di "receive") un carattere di sincronizzazione ed in seguito un certo numero di caratteri dell'alfabeto internazionale IA5; conseguentemente l'interfaccia si porta nello stato logico di "procedi alla selezione". In questo stato il terminale invia alla rete l'indirizzo del DTE chiamato (sempre con caratteri alfanumerici dell'alfabeto IA5). Il DCE inizia la formazione del collegamento verso il chiamato, ed invia contemporaneamente al chiamante messaggi che gli descrivono lo stato di avanzamento del collegamento.

Formato il collegamento tra il DTE locale ed il remoto, l'interfaccia si trova nella fase dati. Il circuito di "indication" viene posto nello stato di on ed i terminali possono avviare lo scambio reciproco di informazioni.

Quando il DTE chiamante vuole terminare il collegamento porta nello stato di off il circuito di "control", azione dopo la quale il terminale non può inviare ulteriori dati.

La ricezione può, invece, procedere sino a che anche la rete (DCE) termina l'invio dei dati in transito al momento dello svincolo del DTE.

La rete pone in seguito il circuito di "indication" nello stato di off, ed il successivo passaggio dei circuiti T ed R ad 1 riporta l'interfaccia nelle condizioni di riposo iniziali.

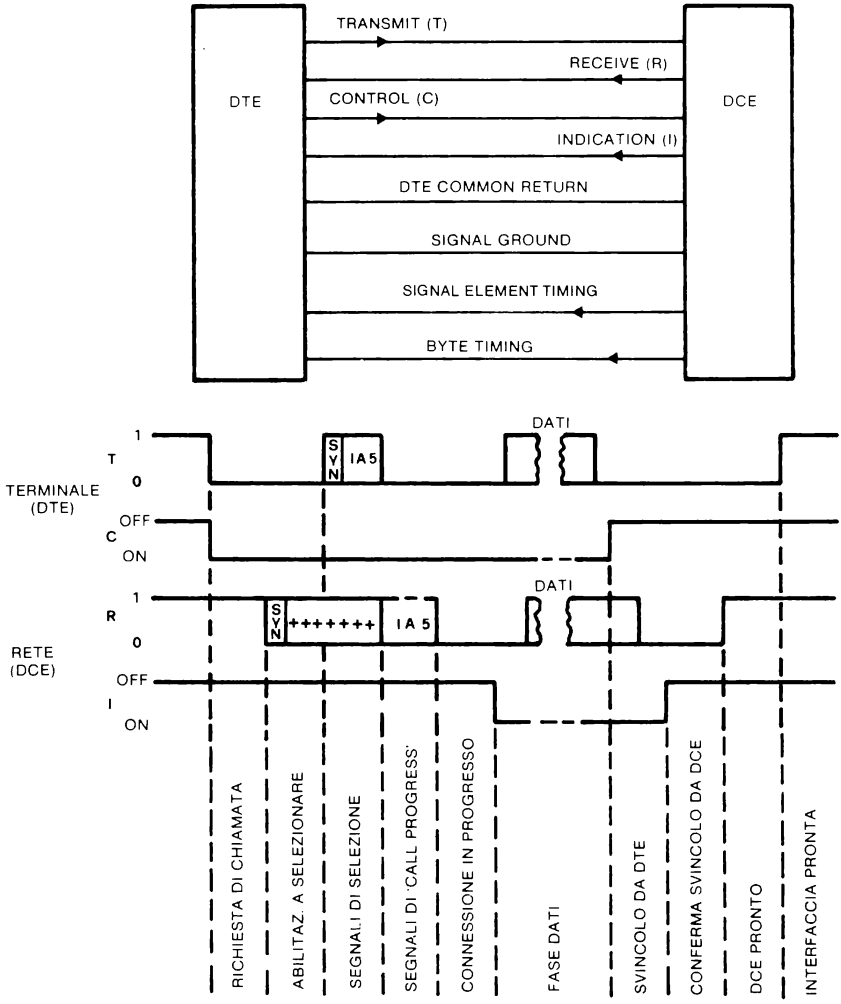


Figura 12.5 — Circuiti dell'interfaccia X.21 ed esempio di una chiamata da DTE così come vista dal livello uno della X.25.

CLASSI DI VELOCITÀ

Le classi di velocità disponibili all'utenza sono le seguenti: per i terminali di tipo a pacchetto (PM DTE-Packet Mode DTE) il collegamento può essere realizzato con velocità di 2400, 4800 e 9600 bit/s con funzionamento in sincronismo (Tabella 12.3).

TIPO DI PACCHETTO		OTTETTO 3 BIT 87654321
DAL DCE AL DTE	DAL DTE AL DCE	
Call setup e svincolo		
Chiamata entrante	Richiesta di chiamata	0 0 0 0 1 0 1 1
Chiamata connessa	Chiamata accettata	0 0 0 0 1 1 1 1
Indicazione di svincolo	Richiesta di svincolo	0 0 0 1 0 0 1 1
Conferma di svincolo del DCE	Conferma di svincolo del DTE	0 0 0 1 0 1 1 1
Dati e interrupt		
Dati DCE	Dati DTE	X X X X X X X 0
Interrupt dal DCE	Interrupt dal DTE	0 0 1 0 0 0 1 1
Conferma del DCE dell'interrupt	Conferma del DTE dell'interrupt	0 0 1 0 0 1 1 1
Controllo di flusso e reset		
DCE RR	DTE RR	X X X 0 0 0 0 1
DCE RNR	DTE RNR	X X X 0 0 1 0 1
	DTE REJ	X X X 0 1 0 0 1
Indicazione di reset	Richiesta di reset	0 0 0 1 1 0 1 1
Conferma del DCE al reset	Conferma del DTE al reset	0 0 0 1 1 1 1 1
Restart		
Indicazione di restart	Richiesta di restart	1 1 1 1 1 0 1 1
Conferma di restart del DCE	Conferma di restart del DTE	1 1 1 1 1 1 1 1

Tabella 12.3 — Valori assunti dall'identificatore (ottetto 3) per pacchetti raggruppati funzionalmente.

In un secondo tempo sarà disponibile una velocità maggiore di 48 e/o 64 kbit così come stabilito dalle norme CCITT-CEPT per collegamenti alla rete a pacchetto realizzati mediante una rete numerica integrata ad alta velocità. I terminali a carattere (TTY, ecc.) denominati CM-DTE (Character Mode DTE) possono collegarsi in full duplex con velocità sino a 1200 b/s.

La possibilità di collegare terminali operanti con protocolli di tipo sincrono (famiglia BSC) è rimandata ad un secondo tempo, e sarà possibile per i protocolli di tipo maggiormente diffuso (2780, 3780.).

COLLEGAMENTO

Il collegamento alla rete da parte dei DTE di utente può essere realizzato in modi diversi, a secondo del volume di dati da trasmettere e dell'allocazione fisica dei terminali. La Figura 12.6 ne illustra la topologia relativa.

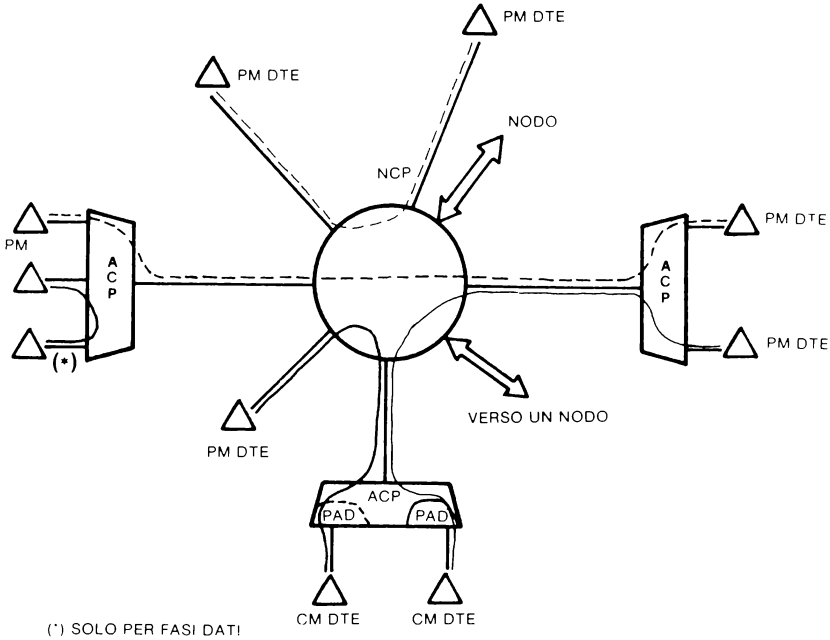


Figura 12.6 — Topologia dei collegamenti possibili nell'area locale ad un nodo della rete.

Il collegamento può essere realizzato utilizzando linee dirette o circuiti dedicati tramite la normale rete telefonica commutata o, per utenti che si collegano in start-stop a bassa velocità, anche mediante la rete telex.

In quest'ultimo caso non potrà avvenire però un collegamento tra utenti telex. Questo per non penalizzare il servizio relativo in quanto la trasmissione mediante la rete a pacchetto dovrebbe risultare sensibilmente più economica; ne conseguirebbe inoltre una notevole occupazione delle porte di accesso da parte di terminali di tipo start-stop ed una conseguente penalizzazione per la qualità del servizio per i terminali delle classi superiori.

FUNZIONE DEI NODI DI COMMUTAZIONE

Le funzioni principali che i nodi della rete devono svolgere sono le seguenti:

- set-up del collegamento logico tra i terminali chiamante e chiamato sia in modo commutato che permanente;
- gestione delle sessioni di trasmissione e ricezione dati da/verso terminali operanti con protocollo a pacchetto ad essi connessi direttamente;

- gestione delle sessioni di trasmissione e ricezione da/verso gli altri nodi della rete o verso i concentratori periferici;
- gestione di profili di utente dei terminali dell'area assegnata;
- gestione della tariffazione.

I concentratori effettuano, invece, la funzione di PAD per i terminali non a pacchetto collegati direttamente ad essi, mentre la concentrazione dei canali logici dei terminali a pacchetto è fatta utilizzando, per la realizzazione del link, le procedure di livello 2 e 3 della X.25 (figura 12.7). Per diminuire il carico di lavoro gravante sui nodi, i concentratori operano, inoltre, anche come commutatori per i terminali locali, relativamente alla sola fase dati. La fase di link-set-up e di abbattimento è invece espletata dai nodi (figura 12.8).

GESTIONE DELLA RETE

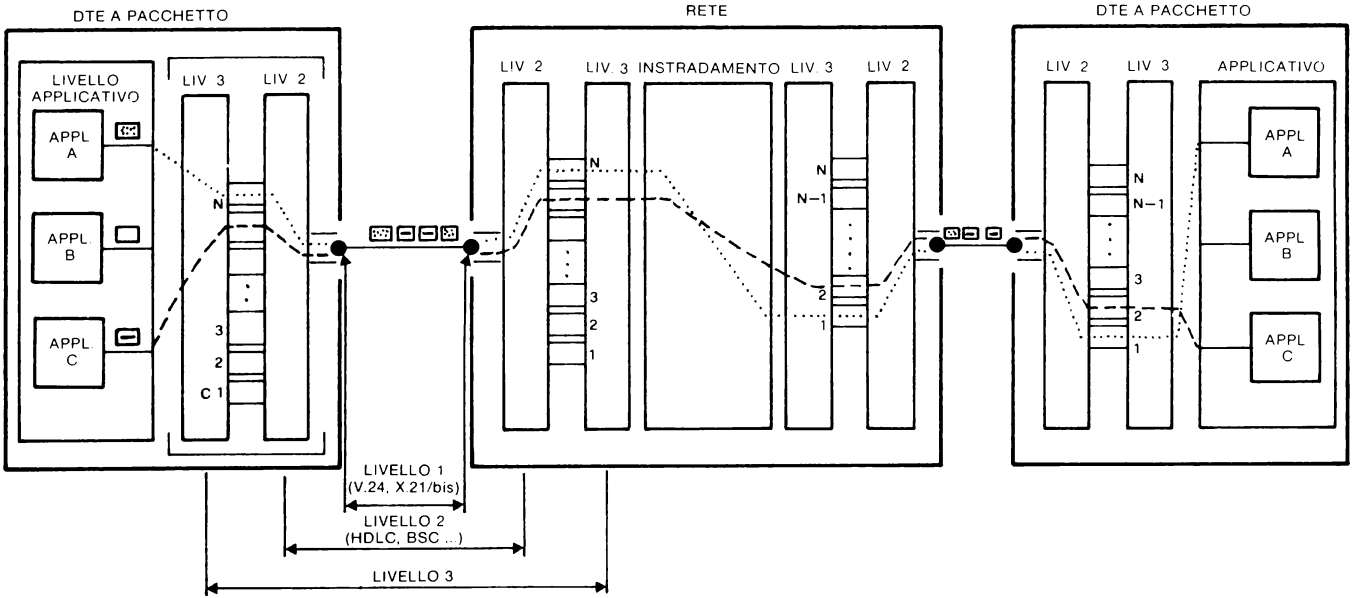
La gestione della rete inerente alle rivelazioni diagnostiche e agli interventi di manutenzione, è effettuata da Centri di Manutenzione (CM) distribuiti perifericamente e da un centro principale a cui i centri periferici faranno capo.

Le funzioni principali espletate dal Centro di Gestione e Manutenzione (CGM) comprendono:

- supervisione della rete in relazione allo stato operativo e diagnostico;
- controllo del funzionamento dei nodi della rete;
- controllo del funzionamento delle giunzioni tra nodi;
- controllo del funzionamento delle giunzioni tra nodi (NCP) e concentratori (ACP);
- supervisione delle tabelle di configurazione e di instradamento;
- gestione della funzione di raccolta delle informazioni di tariffazione provenienti da nodi e da concentratori.

Dal punto di vista gerarchico si hanno quindi due livelli di manutenzione, il primo locale, il cui compito è quello di espletare le funzioni di manutenzione di competenza, sia per ciò che riguarda i concentratori della propria area, che per il DTE ad essi connessi.

Il secondo livello è costituito dal centro principale a cui sono riportati tutti gli eventi di rete che gli competono e le indicazioni inerenti alla tariffazione delle chiamate.



I PACCHETTI RELATIVI ALLE APPLICAZIONI A E B, VENGONO CONCENTRATI DAI CANALI LOGICI RELATIVI DEL LIVELLO 3 IN UN UNICO CANALE LOGICO DI LIVELLO 2 E CONVOGLIATI MEDIANTE IL CANALE FISICO VERSO LA RETE. QUEST'ULTIMA PROVVEDE POI AD INSTRADARLI VERSO IL DESTINATARIO

Figura 12.7 — Percorso logico e fisico dei pacchetti relativi a due chiamate virtuali.

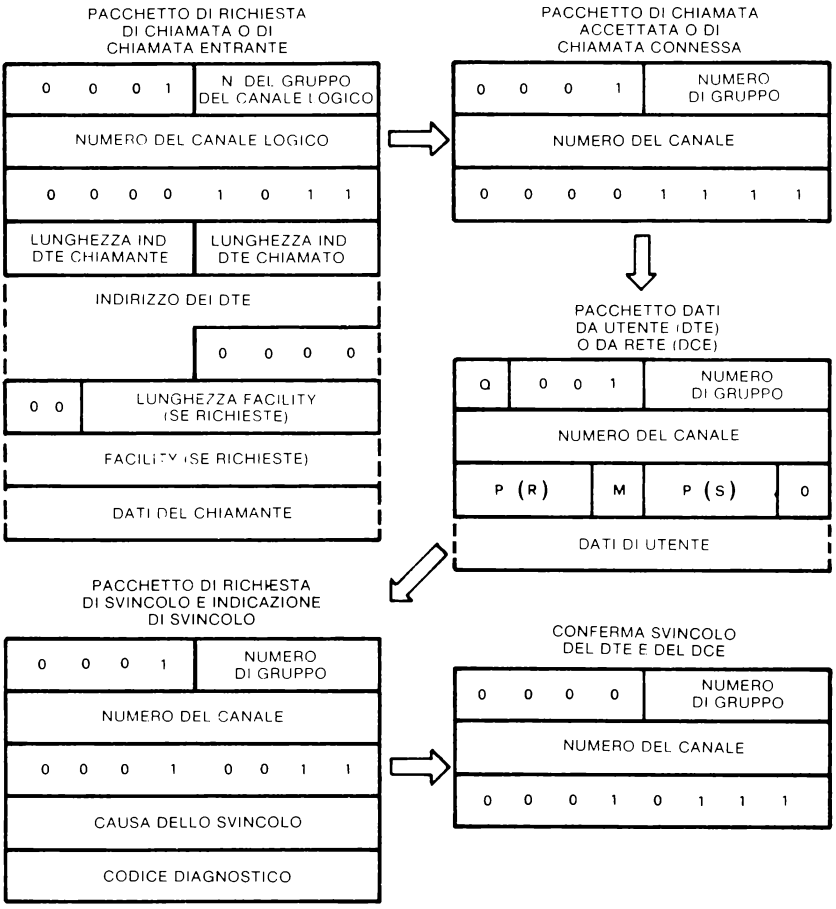


Figura 12.8 — Formato dei pacchetti inerenti alla normale evoluzione di una chiamata (=>).

La connessione alla rete dei centri di manutenzione secondari e principali è fatta mediante circuiti virtuali, e la rete stessa vede quindi i centri come normali DTE di utente. Ne consegue che la caduta del collegamento o un guasto della giunzione metterebbe momentaneamente fuori servizio il/i centri di manutenzione. Ciò non ha conseguenze sul funzionamento della rete, e le informazioni inerenti alla tariffazione sono temporaneamente memorizzate dai nodi della rete a cui l'utente compete.

SERVIZI OFFERTI

I servizi fondamentali o di base offerti all'utenza sono illustrati nella Tabella 12.4.

SERVIZIO	TERMINALE START-STOP	A PACCHETTO
Chiamata virtuale (VC-Virtual Call)	Sì	Sì
Circuito virtuale permanente (PVC-Permanent Virtual Circuit)	In un secondo tempo	Sì

Tabella 12.4 — Servizi di base offerti all'utenza.

Come già visto, inoltre, la numerazione delle sequenze è fatta con modulo otto e la lunghezza dei pacchetti è di 128 ottetti.

Descrizione dei servizi base

- Chiamata virtuale: in base a tale servizio due DTE sono collegati solamente per il tempo che intercorre tra la richiesta di chiamata e di svincolo. In tale periodo i dati degli utenti possono essere trasferiti dalla rete sotto forma di pacchetti. La rete, inoltre, provvede a consegnare a destinazione i dati nello stesso ordine in cui li riceve.
- Circuito virtuale permanente: con il circuito virtuale permanente si ha una associazione permanente tra due terminali i quali si trovano sempre nella fase di trasferimento dati.

SERVIZI OPZIONALI

I servizi opzionali sono un insieme di servizi che possono essere richiesti opzionalmente al gestore della rete e che vengono assegnati all'utente per un periodo definito su base contrattuale (Tabella 12.5).

I principali tra quelli disponibili sono:

- Chiamate entranti sbarrate: con questa opzione un terminale viene abilitato a compiere chiamate, ma non è messo in grado di riceverne.
- Chiamate uscenti sbarrate: analogamente al caso precedente un terminale viene abilitato alla sola ricezione di chiamate.
- Gruppo chiuso d'utenti: è una prestazione che viene assegnata ad un gruppo di utenti i quali possono comunicare solo tra loro. La struttura che si realizza è analoga a quella che si ha disponendo di una rete privata; un utente può però appartenere a più di un gruppo. Opzionalmente un utente

Prestazioni opzionali	Tipi di terminali			
	Start-Stop		Pacchetto	
	VC	PVC	VC	PVC
a. Prestazioni opzionali assegnate per un periodo definito contrattualmente				
— Chiamate entranti	●		●	
— Gruppo chiuso d'utenti	●		●	
— Identificazione della linea chiamante	●		●	
— Accettazione della tassazione al chiamato	●		●	
— Documentazione addebiti	●		●	
b. Prestazioni opzionali su base di chiamata				
— Tassazione al chiamato	●		●	
c. Prestazioni opzionali quando un DTE comunica tramite PAD				
— Selezione dei parametri PAD	●		●	●
— Lettura parametri PAD	●		●	●
— Riconoscimento automatico delle caratteristiche operative (codice, velocità)	●			
— ECO	●			
— riempimento dopo ritorno carrello	●			
— segnali di invio dei dati	●			
— controllo dei dispositivi ausiliari	●			
— soppressione dei segnali di servizio del PAD	●			
— richiamata del controllo del PAD	●			
— selezione del comportamento del PAD alla ricezione di un "BREAK"	●			
— controllo di flusso del PAD	●			

Tabella 12.5 — Prestazioni opzionali per terminali in start-stop e pacchetto.

del gruppo può essere abilitato a compiere chiamate uscenti ed in tal caso si parla di gruppo chiuso con abilitazione all'uscita.

— Identificazione del chiamante: prestazione che permette al chiamato di conoscere l'identità del chiamante.

— Tassazione al chiamato: mediante tale prestazione la tassazione della chiamata può essere fatta al chiamato invece che al chiamante. Il tutto è ovviamente subordinato all'accettazione del chiamato.

CAPITOLO 13

PABX: CARATTERISTICHE ED EVOLUZIONE FUNZIONALE

I centralini privati, noti anche come PABX (Private Automatic Branch Exchange) sono sistemi di commutazione fonica la cui funzione è di permettere conversazioni telefoniche principalmente in ambito locale e, con un numero limitato di linee a disposizione, anche verso la rete di commutazione pubblica.

In linea di massima i PABX realizzano lo stesso servizio delle centrali urbane. Anche se ciò avviene su scala nettamente inferiore, in contrapposizione alle ridotte dimensioni mettono a disposizione degli utenti una gamma di servizi che presso la rete pubblica non trovano riscontro e che, d'altra parte, solo in ambito di ufficio hanno una valida applicazione.

Gli anni '70 hanno segnato una profonda svolta sia per quanto riguarda la struttura fisica che per le funzioni offerte, il che, unito alla sensibile riduzione dei costi (dovuta alla massiccia utilizzazione di circuiti sempre più integrati) e al crescente abbinamento con funzioni dati (nel cui merito si entrerà in seguito), pone il PABX come candidato a pieno diritto per le applicazioni nel settore dell'automazione di ufficio, in diretta concorrenza con le reti locali di terminali e di calcolatori (Ethernet, Wangnet ecc.) siano esse di tipo baseband o broadband.

Nel decennio trascorso è stata completamente rivoluzionata la precedente tecnica costruttiva dei PABX sino ad allora progettati e realizzati con tecnologie elettromeccaniche a programma cablato e con reti di connessione a divisione di spazio. A ciò ha contribuito notevolmente la disponibilità sul mercato, a partire dall'inizio degli anni '70, di microprocessori e di circuiti integrati che facilitano la conversione analogico-digitale e digitale-analogico dei segnali di linea.

La tecnica della commutazione a divisione di tempo si è completamente affermata sul mercato americano permettendo la realizzazione di reti di PABX, pubbliche o private, con una riduzione drastica del numero di linee fisiche di interconnessione. A partire dalla seconda metà degli anni '70, la quasi totalità delle principali industrie telefoniche statunitensi hanno provveduto a sostituire i modelli di PABX esistenti con nuove versioni.

La tecnica a divisione di spazio ha continuato, invece, ad avere una certa diffusione presso le industrie telefoniche europee, mentre, come unità di elaborazione, entrambe le aree hanno finito con l'adottare la realizzazione dell'unità di controllo con programma registrato, rivelatasi più flessibile non solo per la manutenzione, ma anche per l'adattabilità dei servizi alle esigenze specifiche dell'utenza e alle diverse caratteristiche delle reti nazionali a cui i PABX devono essere connessi.

LA STRUTTURA DEI PABX

Prima di passare all'esame dei servizi tipici offerti e della struttura dei centralini elettronici dell'ultima generazione, analizziamo brevemente quello che può considerarsi uno schema a blocchi di riferimento (Figura 13.1) con validità pressoché generale.

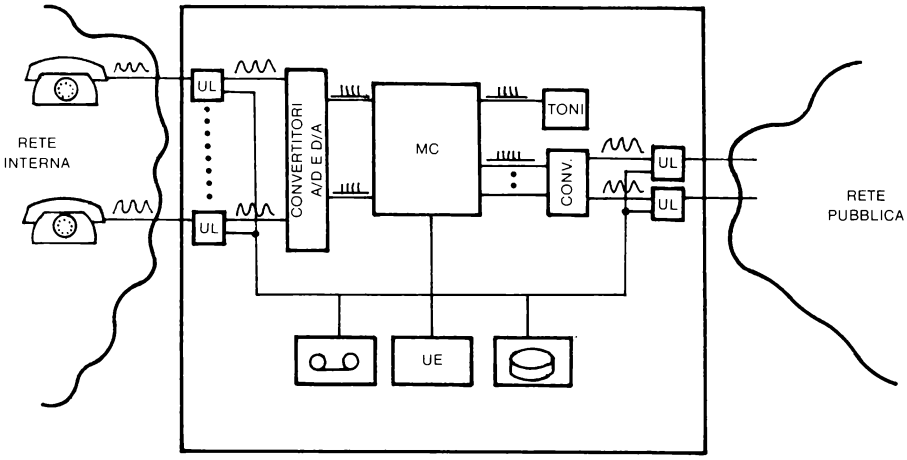


Figura 13.1 — Struttura a blocchi funzionali di un PABX dell'ultima generazione.

Il nucleo essenziale di un PABX è costituito dall'unità di elaborazione (UE) e dall'unità di commutazione (MC).

Appositi circuiti di interfaccia permettono poi di collegare le linee che giungono dagli utenti interni o dalla rete urbana, di rivelare i diversi criteri di segnalazione e di inviare o rivelare la corrente di chiamata.

L'unità di elaborazione esegue e controlla l'evolversi delle funzioni atte a rilevare l'impegno di una linea da parte di un utente (sgancio del microtelefono), ricevere le cifre di selezione del numero chiamato e realizzare la connessione con il chiamato utilizzando la matrice di commutazione (MC), sia essa a divisione di spazio o di tempo, PAM o PCM.

La matrice di commutazione è quella parte del PABX che consente di realizzare il

collegamento fonico (fisico o logico) tra utente chiamante e chiamato, al fine di permettere lo svolgersi reale di una conversazione telefonica.

Un collegamento fisico è quello che si ha, ad esempio, nelle centrali elettromeccaniche dove attraverso relé viene stabilito un percorso fisico, senza interruzione di continuità, tra apparecchio telefonico chiamante e chiamato.

Su quel percorso fisico viaggiano i segnali elettrici che rappresentano la voce dei due utenti interconnessi.

Un percorso logico è invece un tipo di collegamento che non presuppone continuità fisica.

Ad esempio, in un concentratore i dati che arrivano da un certo numero di canali di ingresso (n) vengono trasmessi verso destinazione su un unico canale fisico di uscita.

Su questo canale fisico si dice, quindi, che esistono n canali logici (ognuno corrispondente ad una delle linee di input) poichè il processo di trasferimento dei dati dall'ingresso all'uscita interrompe la continuità fisica.

Il fenomeno è più comprensibile se si considera come funzionano i concentratori delle ultime generazioni controllate a microprocessore.

I dati ricevuti dal canale di ingresso vengono memorizzati in un'area di memoria abbinata al canale. Successivamente quella parte di programma che ha la funzione di inviare sulla linea di uscita i dati ricevuti dai diversi ingressi preleva i dati precedentemente memorizzati e li invia al canale di uscita.

Se le interfacce di linea, l'unità di elaborazione ed i programmi che gestiscono il funzionamento del PABX hanno una sostanziale affinità nei diversi tipi esistenti, lo stesso non si può dire per la struttura della matrice di commutazione.

Esiste, infatti, una filosofia del tutto differente tra una matrice a divisione di spazio ed una matrice a divisione di tempo (PAM o PCM che sia).

In un PABX con matrice di commutazione a divisione di spazio tradizionale, le vie di comunicazione vengono interconnesse solamente all'atto della formazione del collegamento e vengono disconnesse al termine della conversazione.

Tutte le comunicazioni dispongono, quindi, di un circuito fisico dedicato distinto dagli altri circuiti. Il collegamento tra le linee avviene utilizzando punti di incrocio realizzati con dispositivi elettromeccanici o di tipo elettronico (Figura 13.2).

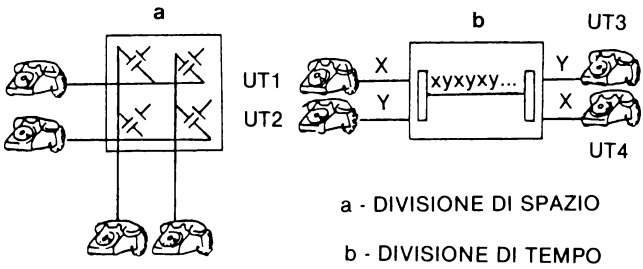


Figura 13.2 — Matrice di connessione a divisione di spazio e di tempo.

Nelle matrici di connessione a divisione di tempo il criterio seguito per realizzare la connessione è invece quello di convogliare più conversazioni simultanee sul medesimo circuito fisico. I segnali della conversazione, trasmessi dagli utenti e ricevuti dai circuiti di linea, vengono campionati ad intervalli regolari e ciclicamente, secondo quanto stabilito dal principio di modulazione ad impulsi in ampiezza (PAM), allo scopo di rilevarne il valore istantaneo e trascurando il segnale compreso tra due successivi campionamenti.

All'uscita della matrice di commutazione, i campioni vengono ridistribuiti nello stesso ordine alle linee di utente di destinazione previo un processo inverso di ricostruzione del segnale analogico.

La commutazione a divisione di tempo può essere realizzata seguendo la tecnica a modulazione di impulsi in ampiezza (PAM) o la tecnica a modulazione di impulsi in codice (PCM).

Con la tecnica PAM il segnale fonico campionato corrisponde ad una sequenza discreta di impulsi con ampiezza proporzionale a quella del segnale analogico inizia-

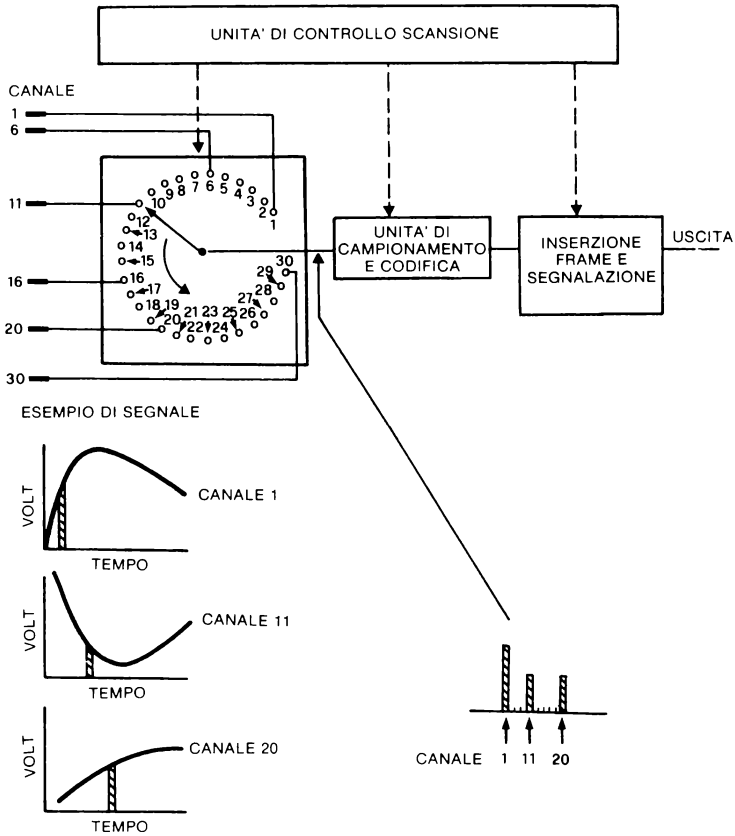
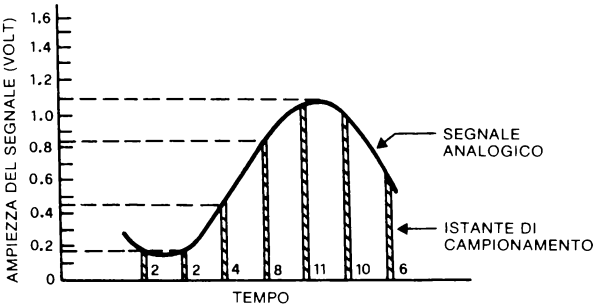


Figura 13.3a — Campionamento degli utenti e segnali impulsivi PAM relativi.

le. I punti di connessione della matrice trasmettono, quindi, segnali di tipo impulsivo modulati in ampiezza che, opportunamente filtrati ed integrati, ricostruiscono (lato destinatario) il segnale originale (Figura 13.3a).

Con la tecnica PCM il segnale campionato non viene trasferito con la sua ampiezza, bensì dopo essere stato numerizzato, associando al valore della sua ampiezza una codifica espressa con una sequenza di bit (la cosiddetta numerizzazione del segnale) secondo il processo illustrato in Figura 13.3b.



AMPIEZZA	CODIFICA BINARIA	SEGNALE PCM
1	0 0 0 0	
2	0 0 0 1	
3	0 0 1 0	
4	0 0 1 1	
5	0 1 0 0	
6	0 1 0 1	
7	0 1 1 0	
8	0 1 1 1	
9	1 0 0 0	
10	1 0 0 1	
11	1 0 1 0	
12	1 0 1 1	
13	1 1 0 0	
14	1 1 0 1	
15	1 1 1 0	
16	1 1 1 1	

LA CODIFICA DEL SEGNALE CON IL VALORE DELLA TABELLA ORIGINA IL SEGNALE PCM SEGUENTE:

AMPIEZZA SEGNALE 2 , 2 , 4 , 8 , 11 , 10 , 6

VALORE BINARIO 0 0 0 1, 0 0 0 1, 0 0 1 1, 0 1 1 1, 1 0 1 0, 1 0 0 1, 0 1 0 1,

SEGNALE PCM

Figura 13.3b — Conversione del segnale fonico da analogico in digitale di tipo PCM.

Detto semplicemente, il metodo di trasmissione può essere visto come una specie di inversione del metodo di trasmissione dati denominato FSK, mediante il quale è possibile trasmettere dei dati su una linea telefonica trasformando gli uni e gli zeri in due frequenze predeterminate che non vengono distorte od attenuate durante la trasmissione.

Il metodo trasmissivo di tipo PCM parte invece da un segnale analogico e prima di trasmetterlo lo trasforma in un segnale di tipo digitale (Figura 13.4).

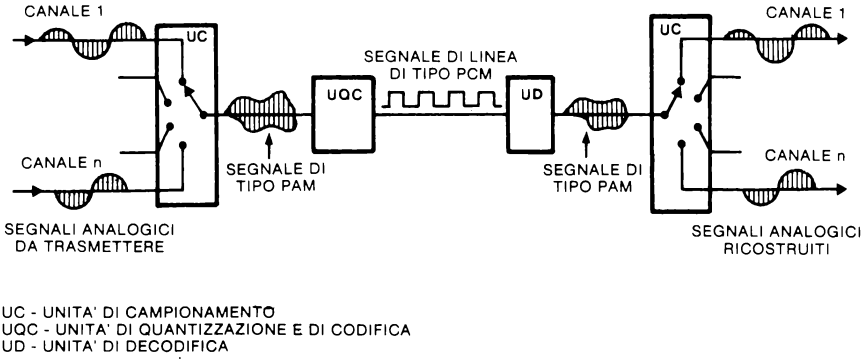


Figura 13.4 — Trasformazione di un segnale analogico in digitale di tipo PCM.

Il segnale analogico, che rappresenta il segnale fonico generato dalla conversazione, si presenta all'ingresso del campionatore che lo campiona 8000 volte al secondo; infatti per assicurare una corretta ricostruzione del segnale trasmesso, lo stesso deve essere letto con una frequenza almeno doppia di quella più alta da trasmettere, e poichè il limite superiore della banda fonica è di circa 4000 Hz, ne consegue che il campionato deve essere fatto con una frequenza pari a circa 8000 volte al secondo. Al campionamento segue la fase di codifica.

Ognuno dei singoli campioni, prelevato 8000 volte al secondo, viene misurato e gli viene assegnato quel valore, di una scala di 256 valori, che gli è più prossimo. I valori sono 256 poichè tale è il numero di combinazioni ottenibili con 8 bit binari consecutivi (byte od ottetto).

I 256 livelli discreti di quantizzazione non sono ottenuti suddividendo il valore massimo del segnale in parti uguali, bensì secondo parti crescenti con progressione geometrica, in modo da quantizzare con maggior accuratezza i segnali di piccola ampiezza rispetto a quelli di ampiezza maggiore.

Il duplice risultato che si raggiunge è che l'influenza dei disturbi è ridotta e si ottiene una informazione più confacente alle caratteristiche fisiche dell'udito.

Poichè il segnale analogico viene campionato 8000 volte al secondo ed ogni campione viene rappresentato da 8 bit, ne consegue che la voce sotto forma digitalizzata viene trasmessa con una velocità di 64.000 bit/s.

Ai fini trasmissivi l'invio in linea dei campioni avviene mediante trame che raggruppano 32 canali, 30 dei quali sono riservati agli utenti e 2 hanno rispettivamente funzione di segnalazione, il sedicesimo, e di allineamento, lo zero (Figura 13.5).

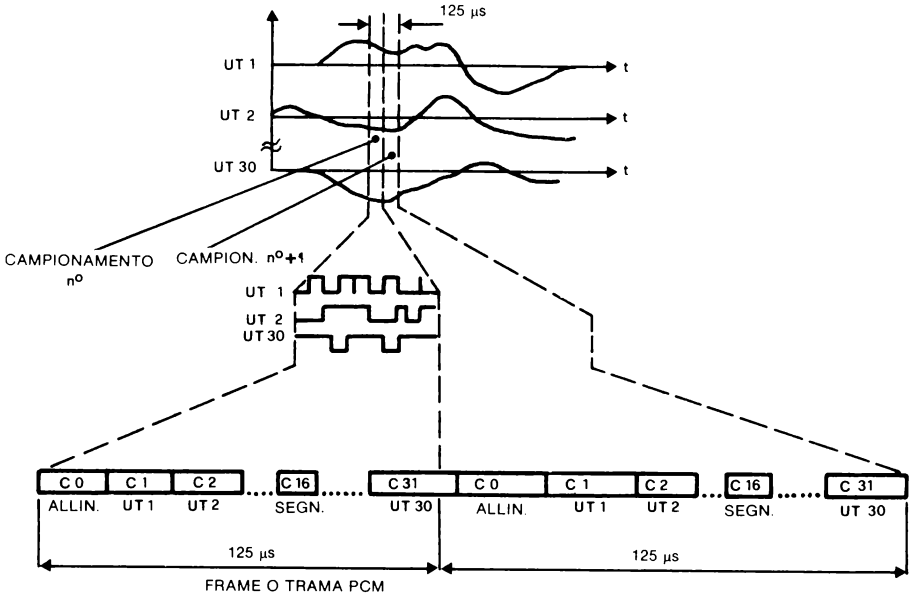


Figura 13.5 — Costruzione di una tram PCM.

Moltiplicando 64 kbit/s per 32 si giunge ad avere quella velocità di trasmissione di 2 Mbit/s che appare continuamente nella letteratura tecnica dedicata al PCM.

Dopo la commutazione dalla linea di ingresso verso quella di uscita dell'utente, a cui il campione vocale è diretto, una conversione inversa riottiene dal codice il valore in ampiezza corrispondente ed il tutto procede come nel caso PAM.

I PABX a divisione di tempo hanno portato ad una considerevole riduzione dei componenti, dell'ingombro e del peso rispetto a ciò che si riscontra per i centralini a divisione di spazio tradizionali o semielettronici.

SERVIZI

La Tabella 13.1 elenca l'ampia gamma di servizi offerti dall'ultima generazione di PABX, diretta conseguenza della gestione computerizzata affermatasi.

Accesso all'operatore	Inoltro a catena
Attesa comandata	Inoltro automatico
Chiamata a gruppi	Numerazione flessibile
Chiamata celere	Prenotazione automatica
Chiamata differenziata	Ricerca persone
Chiamata entrante diretta	Richiamata
Chiamata interna diretta	Richiamata interna
Chiamata interna in attesa	Richiamata da operatore
Chiamata privilegiata	Rinvio
Classificazione dei derivati	Risposta per assente
Conferenza	Ritorno al capolinea
Conteggio	Selezione abbreviata
Controllo della teleselezione	Selezione a tastiera DTMF
Dettatura centralizzata	Selezione passante
Deviazione delle chiamate	Servizio notte
Documentazione degli addebiti	Servizio ronda
Servizio di emergenza	Sveglia automatica
Fonia su attesa	Traffico di giunzione interno
Inclusione da operatore	Traffico di giunzione esterno
Inclusione da utente	Trasferta
Inoltro delle chiamate	

Tabella 13.1 — Servizi tipicamente telefonici.

Vengono qui di seguito elencati (tra quelli della Tabella 13.1) i servizi più richiesti, assieme ad una descrizione sintetica della funzione realizzata.

Comunicazioni interne ed esterne. Possibilità offerta ai derivati (telefoni connessi alla rete interna privata) di effettuare chiamate verso altri derivati o verso la rete esterna.

Conferenza. Servizio che consente di realizzare una conversazione simultanea tra tre o più utenti.

Conteggio. Possibilità per l'operatore di rilevare su indicatori individuali di linea urbana gli impulsi di tassazione ricevuti dalla rete pubblica.

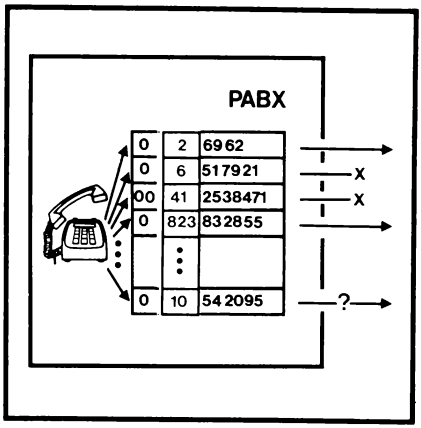
Controllo della teleselezione. Permette di bloccare l'accesso alla teleselezione e ai servizi speciali da parte dei non abilitati mediante analisi e conteggio delle cifre di selezione.

Dettatura centralizzata. Possibilità dei derivati di accedere ad un dittafono per la dettatura di testi ad un pool segretariale.

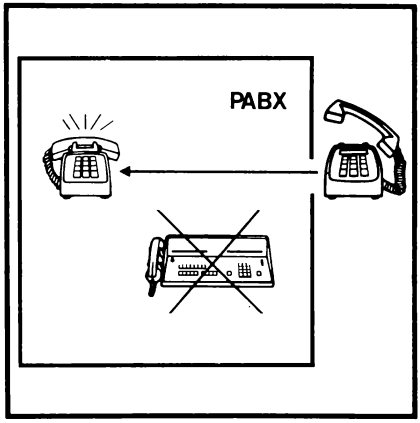
Deviazione delle chiamate. Possibilità offerta ad un utente di dirottare le chiamate dal proprio ad un altro numero derivato. Da quel momento qualsiasi chiamata a lui diretta viene ricevuta dal derivato selezionato.

Accesso differenziato ai fasci di linee esterne. Possibilità offerta all'operatore, e ai derivati, di collegarsi ad un determinato fascio di linee esterne scelto mediante opportuna selezione.

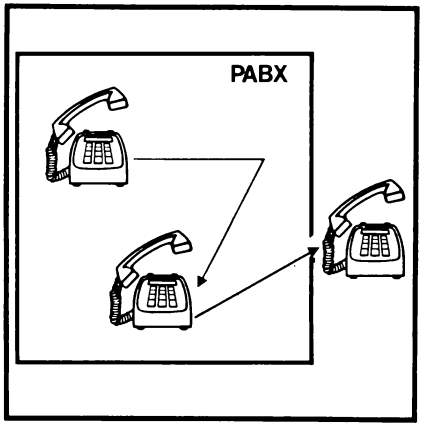
CONTROLLO DELLA TELESELEZIONE



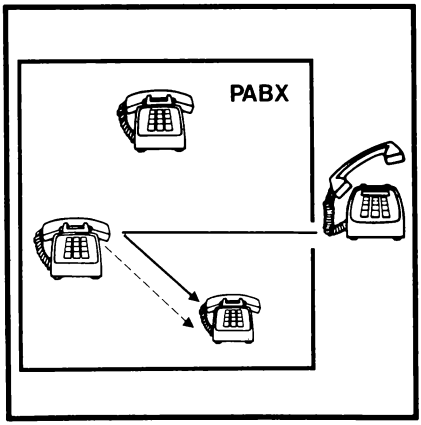
SELEZIONE PASSANTE

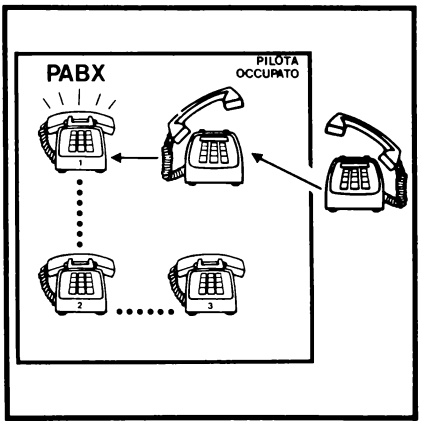


INCLUSIONE D'UTENTE



DEVIAZIONE DELLE CHIAMATE





CHIAMATA A GRUPPI

Chiamata a gruppi. Con la chiamata a gruppi, chiamando il numero "pilota" di un gruppo di derivati si ha la ricerca automatica del primo derivato del gruppo che risulti libero.

Chiamata entrante diretta. Funzione che consente ad uno o più derivati di ricevere direttamente le chiamate entranti su un prefissato gruppo di linee esterne, caratterizzate diversamente dalle linee che invece fanno capo al posto di operatore (centralinista).

Chiamata interna diretta. Con tale funzione un derivato, sganciando il microtelefono, viene collegato (senza selezionare) ad una certa destinazione.

Inclusione. Con questa funzione l'operatore (o un utente particolare) può inserirsi su comunicazioni in corso tra altri derivati. L'inclusione viene segnalata da un apposito segnale di inclusione.

Prenotazione automatica interna. Possibilità offerta ad un derivato che effettua una chiamata locale e riceve il tono di occupato di effettuare la prenotazione interna di chiamata su quel derivato. Quando entrambi i derivati sono contemporaneamente liberi, al chiamante viene inviata la corrente di chiamata e, alla sua risposta, questa viene inviata anche al chiamato.

Richiamata. Possibilità offerta ai derivati di mettere e di tenere in posizione di attesa, senza possibilità di ascolto, una comunicazione esterna per stabilirne una seconda e riprendere successivamente la precedente.

Risposta a gruppi per assente. Un derivato appartenente ad un determinato gruppo di utenti può rispondere ad una chiamata diretta da un altro derivato del gruppo.

Selezione abbreviata. Consente all'operatore ed ai derivati autorizzati di selezionare numeri esterni abituali, selezionando un codice corrispondente al numero esterno desiderato.

Selezione con tastiera multifrequenza. L'utilizzazione di apparecchi a tastiera multifrequenza consente selezioni locali quasi immediate ed una maggior comodità per le selezioni esterne, per le quali il PABX provvede automaticamente alla conversione in impulsi decadici.

Selezione passante. Possibilità offerta ai derivati di essere raggiunti direttamente da chiamate provenienti dalla rete urbana senza dover passare attraverso l'operatore.

Servizio notte. Possibilità di rispondere alle chiamate esterne entranti durante i periodi in cui il capolinea non è presidiato.

Sicurezza su linee per trasmissione dati. Le linee derivate sulle quali si devono effettuare delle trasmissioni dati sono protette da eventuali inclusioni sia da operatore che da utenti.

Trasferta. Possibilità di trasferire direttamente una comunicazione esterna da un derivato ad un altro con o senza consenso da parte del chiamato.

Servizi come la conferenza (con 3 o più utenti collegati contemporaneanente), la documentazione degli addebiti con la possibilità di registrare ed archiviare l'elenco delle chiamate fatte, l'inoltro a catena ed il servizio di ronda sono solo alcuni dei servizi di recente concezione che, per la flessibilità con cui sono realizzati, già proiettano i PABX nella problematica dell'automazione d'ufficio e ne intensificano i legami con quello a cui usualmente ci si riferisce come sistema informativo aziendale.

Al riguardo va detto che l'abbinamento a servizi telefonici, o ad essi prossimi, di servizi gestionali e di raccolta dati procede secondo due metodologie differenti legate alla provenienza della casa costruttrice (Figura 13.6).

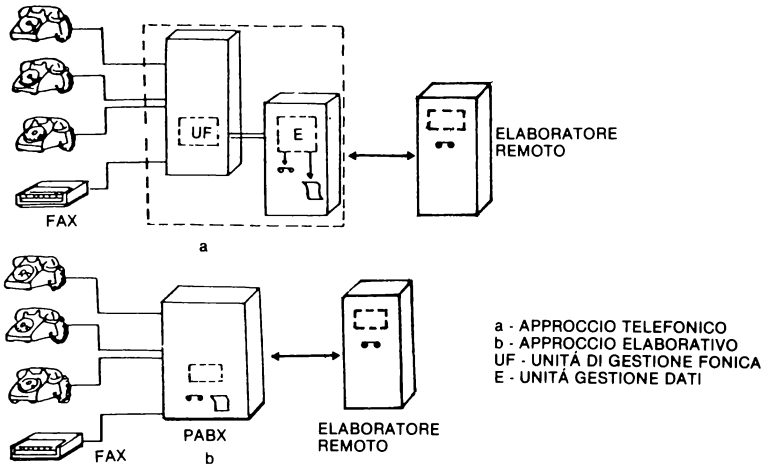


Figura 13.6 — Gestione dati secondo un approccio telefonico ed elaborativo.

Nel primo caso l'elaboratore è in grado di gestire traffico telefonico e servizi dati in funzione del tipo di messaggio ricevuto e dei parametri che lo caratterizzano.

Nel secondo caso si ha generalmente una realizzazione che ha come filosofia una maggior separazione tra i due gruppi di funzioni, con uno o più elaboratori (CPU) dedicati al traffico telefonico convenzionale ed uno o più elaboratori dedicati al traffico dati.

Le due classi di elaboratori, telefonici e dati, interagiscono più o meno fortemente per la realizzazione di alcune funzioni e poco o nulla per altre.

La registrazione degli addebiti per le chiamate fatte è un esempio di interazione, in quanto l'elaboratore fonico invia al termine della chiamata gli estremi della stessa all'elaboratore dati che memorizza l'evento su supporto magnetico per la successi-

va analisi ed elaborazione. L'accesso ad una base di dati gestita dall'elaboratore dati vede invece la parte fonica come puramente trasparente ai fini funzionali.

È difficile, al momento, affermare quale delle due filosofie risulterà vincente (ammesso che non possano coesistere) nel medio termine, anche se la seconda sembra meglio armonizzarsi con il concetto di distribuzione dei compiti e della customerizzazione personale degli elaboratori e con la possibilità di crescita e sviluppo modularmente indipendente per i rispettivi servizi telefonici e dati. Dal punto di vista realizzativo (e dei costi) è attraente la possibilità di avere un upgrade dei servizi dati senza dover intervenire, una volta che siano stabilizzati, sui servizi telefonici e programmi relativi man mano che ciò porta alla saturazione delle capacità elaborative esistenti. Se servizi come il controllo accessi, presenze, contatti sono già ampiamente disponibili, cominciano ad apparire anche funzioni come word processing, posta elettronica ecc., che richiedono capacità elaborative e di supporto dati di dimensioni crescenti col numero degli utilizzatori del servizio. La Tabella 13.2 elenca i servizi dati che diventeranno parte integrale dei servizi offerti; tra questi, servizi come controllo accessi, presenze, contatti ed altri non richiedono particolari chiarimenti, in quanto si tratta di servizi già ampiamente diffusi e ben noti.

Documentazione degli addebiti
Controllo delle presenze
Controllo accessi aree riservate
Controllo stato contatti
Telecontrolli
Controlli tecnologici
Addebito mensa e bar
Posta elettronica
Gestione archivi
Videotex
Teletext
Conversione di protocollo e cifratura
Facsimile
Memorizzazione ed inoltro della voce

Tabella 13.2 — Servizi di automazione.

In seguito sono descritti brevemente quelli che rappresentano le maggiori novità del settore.

Posta elettronica. È un servizio in base al quale un utente può inviare ad uno o più destinatari dei messaggi alfanumerici che vengono immagazzinati dal sistema in specifiche aree di memoria assegnate all'utente destinatario. Quando quest'ultimo si collega, il sistema provvede ad inviargli i messaggi a lui destinati.

Memorizzazione ed inoltro della voce (Voice store and forward). Il segnale fonico viene convertito in formato digitale, compattato e memorizzato su disco magnetico.

Successivamente su di esso si può agire come con la posta elettronica; per ogni utente esiste una cassetta postale (virtuale) nella quale vengono inseriti i messaggi a lui diretti. Mediante opportuni codici i messaggi ricevuti possono poi essere modificati, aggiornati e reinviati ad una o più nuove destinazioni.

Teletex. È un servizio telex con funzioni integrative, da non confondersi con il teletext. Consente l'identificazione del chiamante, l'inoltro differito e l'indirizzamento multiplo.

Videotex. È simile al teletext con la differenza che la pagina presentata sul video giunge all'utente attraverso la linea telefonica e non via etere come segnale televisivo.

Facsimile. Permette la trasmissione di un documento fotografico o dattiloscritto che viene ricostruito da una apparecchiatura posta presso il destinatario analoga a quelle utilizzate per la trasmissione.

IL MERCATO ITALIANO

La Tabella 13.3 elenca alcune tra le aziende costruttrici, i cui prodotti risultano maggiormente presenti sul mercato nazionale, le case che le rappresentano ed i tipo di PABX commercializzati.

Dall'analisi della Tabella 13.3 e del grafico di Tabella 13.4 si possono trarre alcune deduzioni. La maggior parte dei PABX offerti ha un numero di derivati (utenti interni) che può oscillare da 100 a 200 e da 600 a 1.000.

Al di sotto dei 100 derivati si trovano PABX con 50/60 utenti, mentre al disopra la variabilità è maggiore e va da 1.500 sino ad oltre 10.000 utenti. La totalità dei PABX elencati è realizzata con programma di controllo registrato, mentre differente è il discorso che riguarda la tecnica utilizzata per la rete di commutazione interna. La maggior parte dei centralini utilizza la commutazione a divisione di spazio, mentre la tecnica PAM e PCM viene utilizzata, senza nessuna correlazione apparente con il numero dei derivati supportati, in un numero più ridotto di casi.

Sebbene il PCM sia particolarmente indicato per applicazioni medio grandi, esistono, tuttavia, costruttori che utilizzano la tecnica PAM sull'intera gamma delle apparecchiature prodotte.

Per puntualizzare va detto che la tecnica PCM, nella versione CEPT (standard europeo) a 32 canali, è l'unica che permetterà il collegamento con le terminazioni PCM della rete pubblica così come si va delineando.

A questo proposito, recenti studi della SIP prevedono che le terminazioni PCM per la rete interurbana distrettuale arriveranno a coprire l'80% del fabbisogno globale annuo entro il 1986. Per quella data risulterebbero realizzati con tecnica PCM più del 50% dei canali installati. Per la rete interurbana interdistrettuale si prevede invece che si passerà da una percentuale del 3% ad una percentuale del 17% nell'86. remoti.

Costruttore	Distributore	Tipo	Tipo di connessione			Utenza Div. tempo		Software programma		
			Div. di spazio	PAM	PCM	Linee esterne	Derivati	Nastro	Floppy	PROM
Face Standard	Face Standard	Unimat 4050	●			32	121			●
Face Standard	Face Standard	Unimat 4060	●			56	372			●
Face Standard	Face Standard	Unimat 4080	●			600	5000	●	●	
Fatme	Sielte	ASB 100	●		●	24	100			●
Fatme	Sielte	ASB 900	●			136	960	●		
GTE	GTE	GTE 60		●		16	60			●
GTE	GTE	GTD 120			●	28	120	●		
GTE	GTE	GTD 1000			●	256	1024	●		
IBM	IBM	1750	●			96	760		●	
IBM	IBM	3750	●			356	2500		●	
Italtel	Italtel	Ite 66	●			80	400			●
Italtel	Italtel	Andromeda	●			24	172			●
Northern Telecom	Olivetti	ICS 6100			●	Totale	1500	●		
Philips	Philips	EBX 800	●			90	768			●
Philips	Philips	EBX 8000	●			1000	8000		●	
ROLM	Data consyst-Cgs	ROLM CRX			●	120	800	●	●	
Telenorma	Telenorma	TN 4036	●			15	100			●
Telenorma	Telenorma	TN 4030/2W180	●			24	180			●
Telenorma	Telenorma	6030/600		●		70	600	●	●	
Telenorma	Telenorma	6030/3600		●		Illimitati				
Telic	Dial	514/80	●			14	80			●
Telic	Dial	2505	●			192	1470			●
Telettra	Telettra	TAU 95		●		16	80			●
Telettra	Telettra	TAU 240		●		132	208			●
Telettra	Telettra	TAU 3000			●	1395	3111	●		●

Tabella 13.3 — Le caratteristiche dei principali PABX presenti in Italia.

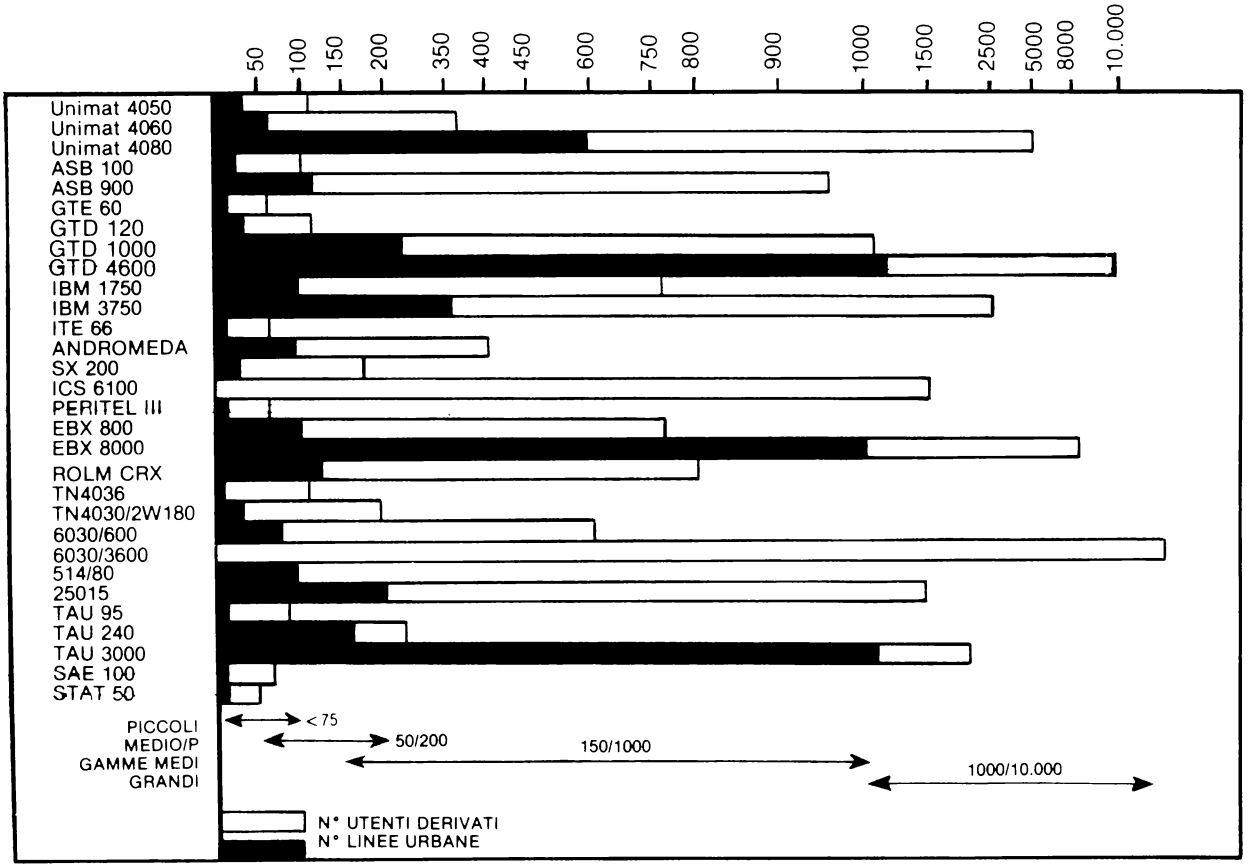


Tabella 13.4 — Fascia di utenza coperta dai PABX di tabella 3.

Oltre alla possibilità di collegamento diretto al nuovo tipo di terminazione di rete, la tecnica PCM è maggiormente orientata verso la realizzazione di reti di PABX, in quanto permette il collegamento reciproco dei nodi di rete con un numero inferiore di giunzioni ad alta velocità. Anche la realizzazione della completa digitalizzazione di reti a partire dal terminale di utente, sia esso di tipo telefonico o dati, ne risulta facilitata, in quanto si deve provvedere solamente a digitalizzare il segnale dell'utente e ad inserirlo in un canale PCM per il suo reinstradamento locale o verso terminali remoti.

L'aumento di connessioni di tipo digitale da parte degli utenti permetterà, inoltre, di ridurre considerevolmente il numero delle conversioni A/D e D/A da effettuare sul segnale fonico per il suo trasferimento punto a punto e di semplificare notevolmente la parte di linea dei PABX, a tutt'oggi la più onerosa sia qualitativamente che quantitativamente.

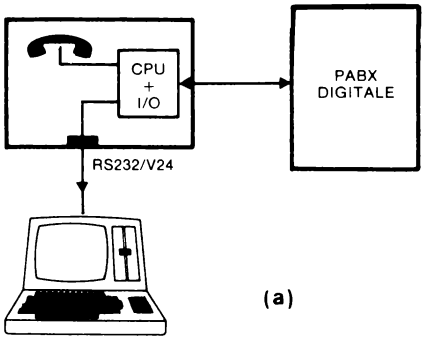
ORIENTAMENTI FUTURI

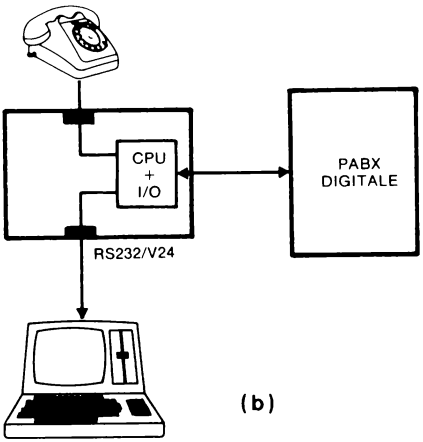
Alla luce di quanto le diverse case costruttrici vanno esponendo, si può dedurre che esiste una forte tendenza verso un'integrazione sempre più spinta dei sistemi. Vediamo ora cosa si prevede nel prossimo decennio per le aree inerenti ai PABX. Come già accennato, il PABX avrà un ruolo sempre più importante nella problematica d'ufficio, e finirà per assumere l'aspetto di un supercontroller inteso come unità di gestione e di integrazione dei servizi inerenti comunicazioni ed elaborazioni di ufficio (Figura 13.7).

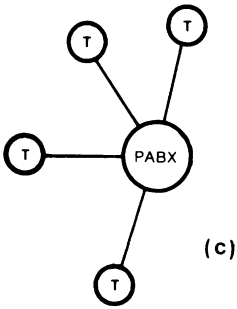
È prevedibile, inoltre, che in tal senso agisca come unità di link tra diverse sottostazioni informative connesse reciprocamente mediante canali di comunicazione. La dimensione dei programmi ed il numero dei pacchetti software richiesti per la gestione delle comunicazioni e delle attività di ufficio saranno tali che gli stessi dovranno risiedere in una memoria magnetica di massa on-line e caricati nella memoria di lavoro (direttamente via DMA) locale o remota (mediante down loading via canale di comunicazione ad alta velocità) al momento del richiamo della funzione abbinata.

Inoltre, e in parte come conseguenza diretta, è prevedibile che quello che possiamo definire come super-PABX arrivi ad avere una memoria di massa da alcune decine ad alcune centinaia di megabyte, supporto indispensabile sia per la realizzazione di file di archivio, sia come supporto per funzioni di posta elettronica del tipo a mailbox.

La compatibilità tra vari tipi di protocollo, inerenti a calcolatori di case diverse, potrà essere raggiunta utilizzando programmi residenti di conversione oppure mediante l'integrazione nel PABX di quelle che sono le funzioni H/W e S/W di un commutatore dati a pacchetto.







a - CONVERSIONE REALIZZATA NELL'APPARECCHIO TELEFONICO
b - CONVERSIONE REALIZZATA IN UN MODULO DI INTERFACCIA
c - STRUTTURA DI RETE

Figura 13.7 — Digitalizzazione della fonia e dei dati realizzata presso l'utente.

TREND TECNOLOGICO

Il passo naturale conseguente alla apparizione di PABX digitali in tecnica PCM è la «periferizzazione» della parte di conversione, lo spostamento cioè della trasformazione della fonia da segnale analogico in digitale, presso l'apparecchio telefonico stesso (Figura 13.8).

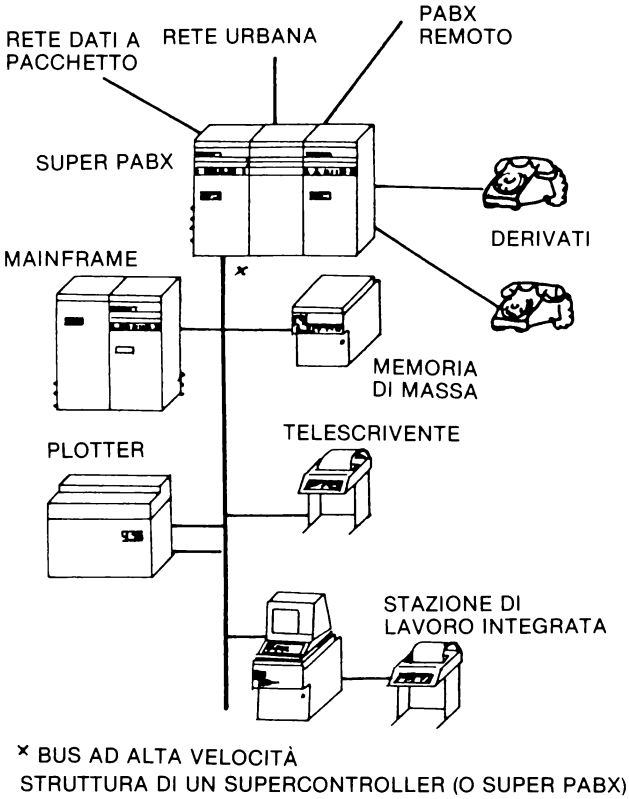


Figura 13.8 — Evoluzione di un PABX in un supercontroller.

Questa operazione, impensabile per la sua antieconomicità sino a qualche anno fa, è stata resa possibile nei PABX di più recente concezione dalla presenza di microprocessori a basso costo, orientati ad applicazioni telefoniche, e da circuiti integrati che permettono di ottenere in modo semplice e compatto la trasformazione del segnale in formato PCM.

Il vantaggio che si ottiene è duplice. Da un lato, infatti, tutta quella parte che in un PABX attualmente presiede alla realizzazione di funzioni quali l'invio della corrente di chiamata e dei toni, la rilevazione delle cifre selezionate, la rilevazione dell'impegno o del riaggancio (funzioni di tipo fondamentalmente analogico e tali da costituire le parti di maggior complessità sia come H/W che come S/W) sono rimosse dal PABX, che risulta così più compatto ed ancora più simile ad un computer convenzionale.

Il trasferimento delle segnalazioni tra PABX e telefoni derivati è solamente di tipo digitale e le eventuali funzioni analogiche vengono ricreate o gestite localmente.

In pratica si ha una struttura multiprocessore con topologia a stella, in cui il processore centrale (PABX) dialoga con processori periferici in modo simile a quanto avviene in vere e proprie reti dati.

Il secondo vantaggio è diretta conseguenza del primo. Poichè la rete è completamente digitale ne consegue che, anche se vista la funzione principale di un PABX ciò può sembrare ironico, questa risulta più adatta alla trasmissione di dati che non di fonia.

Per trasmettere dati, infatti, non è richiesta la conversione da analogico a digitale come avviene invece per la voce; di conseguenza la trasmissione di dati risulta estremamente facilitata e l'integrazione voce-dati una realtà.

La Figura 13.8a mostra la struttura tipica di un telefono intelligente predisposto per trasmettere dati, mentre la Figura 13.8b si riferisce alla soluzione adottata per permettere l'utilizzo di telefoni di tipo convenzionale, realizzando la conversione in PCM e l'inserzione dei dati mediante un'apparecchiatura di interfaccia.

A questa tendenza di distribuire l'intelligenza presso il terminale telefonico, ma restando sempre con una struttura topologica a controllo centralizzato (responsabile della gestione e della commutazione), si contrappongono i produttori di reti locali che, ad una struttura di rete in cui il controllo è totalmente o quasi distribuito, cercano di sommare la capacità di trasmettere, oltre ai dati, anche segnali vocali.

Si preannuncia infatti un'aperta concorrenza tra i super-PABX e le reti dati locali (LAN: Local Area Network) realizzate con bus ad alta velocità mediante cavo coassiale o fibre ottiche, colleganti sia sistemi che terminali.

Esperimenti condotti sulla rete Ethernet hanno permesso di verificare la possibilità concreta di utilizzo di una rete locale come mezzo atto a supportare conversazioni telefoniche.

La fascia che teoricamente potrebbe essere coperta nel futuro è quella attualmente relativa ai PABX di media capacità (100/200 utenti), per i quali il ritardo introdotto dal metodo di trasporto della rete sui campioni PCM della voce non risulta penalizzante al fine della intelligibilità della conversazione.

Pur essendo stata dimostrata la fattibilità in linea teorica, gravi problemi sussistono, soprattutto per quanto riguarda il ritardo dei pacchetti che trasportano i campioni della voce con il crescere del traffico e l'aumentare del numero delle collisioni.

Per mantenere basso il ritardo di rete, la larghezza di banda utilizzata per i dati

deve essere ridotta; inoltre, il numero degli utenti fonici sembra debba essere limitato alla gamma medio-bassa dell'utenza.

Tuttora irrisolto è il problema costituito dalla contemporaneità di un traffico dati di intensità variabile, ma comunque elevato, in coincidenza di un normale traffico fonico e su cosa e come intervenire per limitare i ritardi introdotti sui pacchetti inerenti la fonia quando il ritardo di consegna supera la soglia massima accettabile per una corretta ricostruzione della voce.

Un aspetto ancora in fase di studio è come si preveda di implementare e dove far risiedere la necessaria capacità elaborativa e di memorizzazione, servizi ai quali l'utente di un moderno PABX si è ormai abituato.

La conferenza a tre, l'inclusione, la selezione abbreviata, la fonia su attesa, l'inoltro a catena e la prenotazione automatica sono alcuni dei servizi a cui difficilmente un utente vorrà rinunciare, e che non risulta affatto chiaro come possano essere economicamente realizzati in una rete totalmente distribuita.

La conferenza fra tre o più persone è un esempio concreto di tale difficoltà, in quanto richiede un complesso sistema di confronto tra i campioni PCM della voce proveniente dagli utenti in conversazione ed una scelta del campione da inviare.

Nonostante questi problemi, a tutt'oggi irrisolti, sembra indubbio che nel medio-lungo termine l'utilizzazione di reti locali, soprattutto a larga banda più che in banda base, come supporto trasmissivo per la fonia sia destinato a svilupparsi in modo crescente.

Ciò appare ipotizzabile anche in relazione alla tendenza, sempre più dominante, di una decentralizzazione delle capacità elaborative e di archiviazione dei dati e all'orientamento a passare da grandi e medi computer ad una crescente quota di mercato coperta da mini, WP e personal.

Una sempre maggior convergenza del mercato dei computer con quello delle telecomunicazioni porterà, inoltre, ad una diffusione delle LAN e ne incrementerà il ruolo nel settore della telematica. Pur configurandosi come il prossimo passo per ciò che riguarda le reti locali, é riconosciuto quasi universalmente che i PABX sono ancora, e lo saranno per almeno tutto il decennio, il nucleo fondamentale per la gestione oltre che della fonia anche dei dati.

Diventa inoltre sempre meno teorica la possibilità di realizzare reti telefoniche basate su PABX i cui utenti siano collegati da bus o ring ad alta velocità (fibre ottiche, cavi coassiali) invece che dai più convenzionali doppini. Sperimentazioni in proposito sono in atto presso le maggiori case del settore.

Riassumendo quello che sembra essere il trend tecnologico, si può dire che si ha una tendenza molto spinta verso la completa digitalizzazione dei PABX, accompagnata da una decentralizzazione di funzioni attualmente realizzate all'interno del PABX, per quanto riguarda la fonia, e da una sempre maggior integrazione con funzioni dati, col fine ultimo di poter realizare indifferentemente commutazione fonica e dati (Figura 13.9).

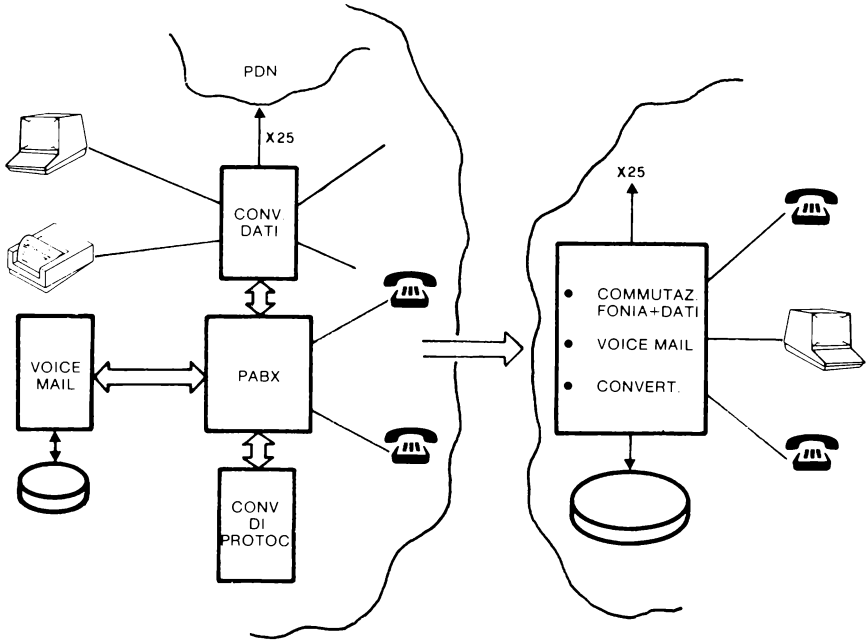


Figura 13.9 — Evoluzione verso l'integrazione dei servizi dati.

Una cosa a cui vale la pena di accennare (anche perchè si presume avrà sempre più importanza) è, per i dati, la possibilità, oltre che di commutare, di far agire il PABX come convertitore di protocollo e, per la fonia, di implementare funzioni di «voice store and forward».

Quest'ultimo servizio assomiglia per molti aspetti a quelli di posta elettronica, e permette di memorizzare un messaggio vocale diretto ad una persona per inoltrarlo a destinazione differito nel tempo. Attualmente esistono sistemi come unità «stand alone», ma la tendenza è quella di integrare la funzione nelle prossime generazioni di PABX.

Il servizio consiste essenzialmente in quanto segue:

- il parlato viene convertito in formato digitale con una velocità di campionamento tale da manterene buona parte delle caratteristiche audio che lo contraddistingue;
- la voce digitalizzata viene poi memorizzata su disco magnetico e su di essa possono essere fatte tutte quelle manipolazioni tipiche della posta elettronica. Il tutto funziona col principio della mail box assegnata ad ogni utente abilitato al servizio ed in cui vengono inseriti i messaggi vocali a lui diretti.

Quando un utente si connette al servizio (mediante un prefissato numero telefonico) può, attraverso sequenze di comando impostate con cifre del disco o della tastiera, sentire i messaggi desiderati, riascoltarli od inviarli ad altri utenti dopo averli modificati (Figura 13.10).

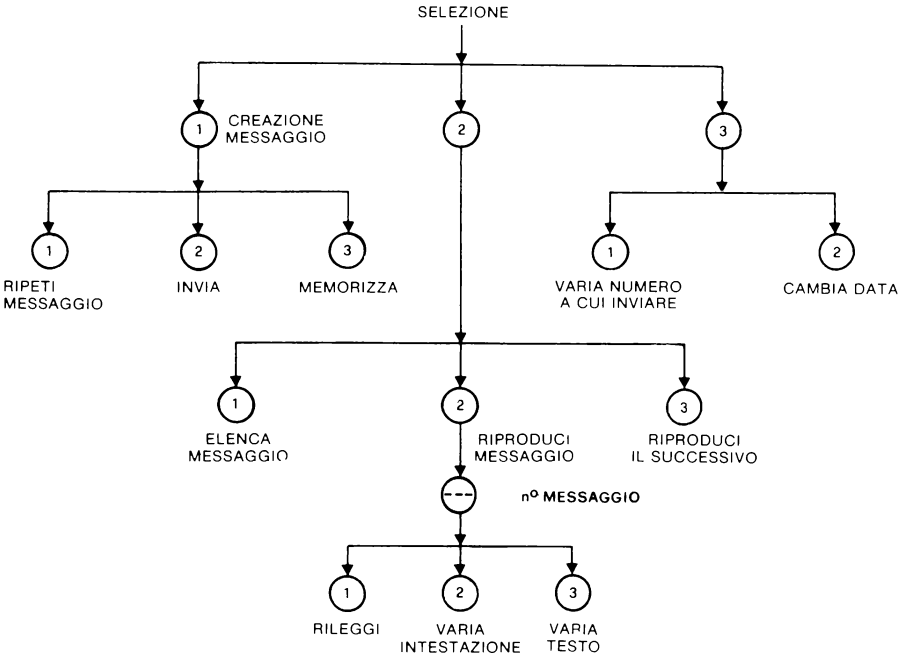


Figura 13.10 — Esempio di albero di selezione per funzioni di "voice store and forward". La selezione delle funzioni avviene mediante le cifre del disco o della tastiera.

Un notevole vantaggio, rispetto ai convenzionali servizi di segretaria automatica, è che il messaggio è disponibile immediatamente essendo accessibile su disco in modo diretto e può inoltre essere inviato contemporaneamente a più destinatari.

Integrate in un PABX, quindi, le chiamate dirette verso un numero abilitato verrebbero ruotate, in caso di mancata risposta, al servizio di memorizzazione per essere riascoltate in seguito.

CONCLUSIONI

Questo capitolo ha illustrato brevemente quale è la struttura attuale di un PABX e quali, a breve e medio termine, le integrazioni funzionali a cui sarà soggetto.

La tendenza ad associare in un unico sistema la gestione della fonia e dei dati è

ormai acquisita e il differente approccio delle case costruttrici, tradizionalmente di settori diversi, è soltato un modo alternativo di vedere la realizzazione costruttiva, in presenza però di una comune scelta filosofica riguardo l'integrazione che è e rimane il vero obiettivo di fondo. L'elevato numero di case presenti sul mercato italiano lascia supporre che, in presenza di prodotti generazionalmente e funzionalmente simili, il livello di penetrazione finirà col dipendere dalla corrispondenza della struttura della rete di connessione interna (PAM, PCM, ecc.) con gli sviluppi nazionali e con la possibilità di realizzare, parimenti a reti di calcolatori, reti di PABX.

Un ulteriore fattore di penetrazione sarà la possibilità di fornire PABX e reti di PABX digitali (Figura 13.11), dove cioè il segnale fonico o dati viene digitalizzato presso l'utente derivato ed inserito su canale PCM.

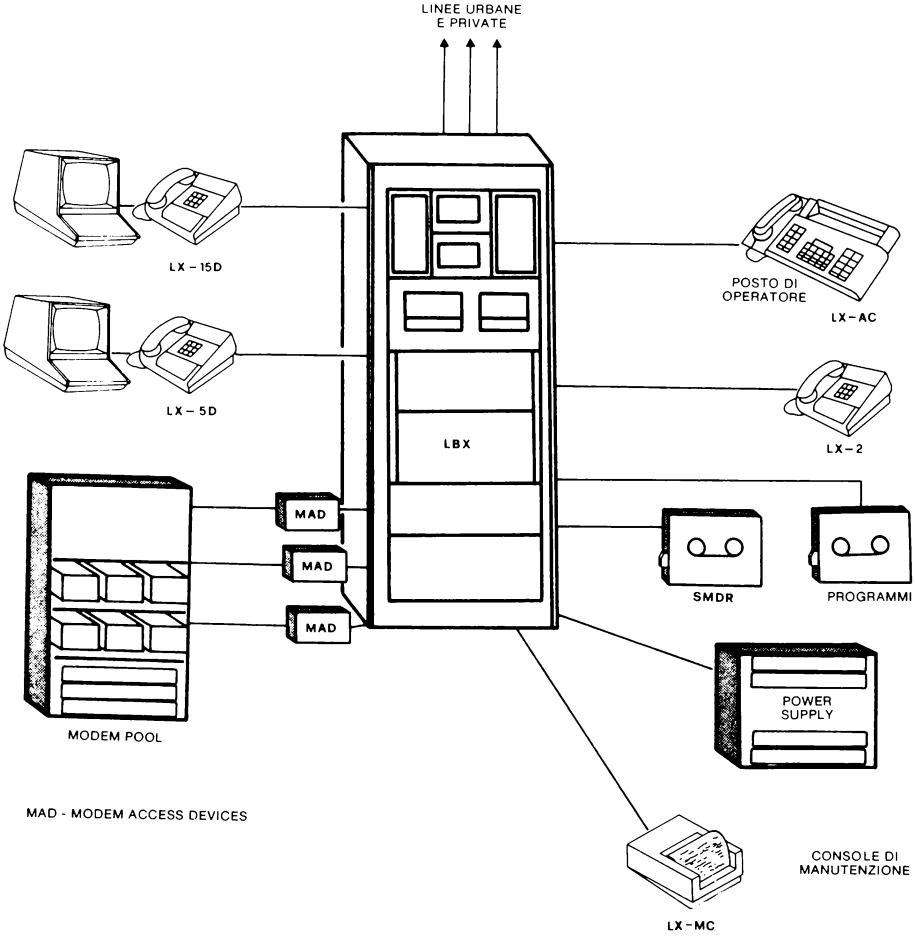


Figura 13.11 — Esempio di rete digitale per la gestione integrata fonia/dati.

GLOSSARIO

A

ALFABETO — tavola di corrispondenza tra un gruppo convenuto di caratteri ed i segnali che lo rappresentano.

APPARECCHIATURA INTERMEDIA — apparecchiatura ausiliaria inseribile tra l'apparato terminale per dati e l'apparato di conversione dei segnali, allo scopo di espletare funzioni addizionali prima o dopo la modulazione.

APPARECCHIATURA DI CONVERSIONE — parte della installazione terminale che si riferisce al canale dati, comprendente almeno un dispositivo di modulazione o di demodulazione, utilizzata per modulare i segnali che devono essere trasmessi o demodulare i segnali ricevuti.

APPARECCHIATURA TERMINALE PER DATI (DTE) — apparecchiatura costituita da:
- sorgente dei dati
- dispositivo di raccolta dati
- entrambi i dispositivi precedenti.

ATTENUAZIONE — perdita di potenza in un circuito interessante in ugual misura tutte le frequenze. Differenza tra la potenza trasmessa e la potenza ricevuta.

AUDIO — frequenze comprese nell'intervallo percepibile dall'orecchio umano estendentesi da circa 20 a 20000 Hz.

B

BAUD — unità di velocità di modulazione corrispondente ad un intervallo unitario al secondo. Se ad esempio la durata dell'intervallo unitario è di 10 millisecondi la velocità di modulazione è pari a 100 baud.

BIT — abbreviazione per 'binary digit'. Unità di quantità di informazione.

BIT DI CONTROLLO (CHECK BIT) — bit che viene associato ad un carattere od a un blocco di caratteri allo scopo di verificare l'assenza di errori nello stesso.

BIT DI INFORMAZIONE — bit generati dalla sorgente dei dati e che non vengono utilizzati per controllare gli errori dal sistema di trasmissione dei dati.

BIT ERRATO — bit il cui valore non corrisponde con quello trasmesso.

BIT DI START — bit che viene aggiunto all'inizio di ogni carattere trasmesso in una trasmissione asincrona allo scopo di indicare l'inizio del carattere all'unità ricevente.

BIT DI STOP — bit che viene aggiunto alla fine di ogni carattere in una trasmissione asincrona per indicare la fine del carattere.

BYTE — unità costituita da un certo numero di bit. Il numero dei bit di un byte variano in funzione della applicazione anche se generalmente viene considerato formato da otto bit.

BLOCCO — gruppo di bit o di caratteri sul quale viene generalmente applicato un procedimento di codifica allo scopo di proteggerlo da errori.

BLOCCO ERRATO — blocco in cui sono presenti uno o più bit errati.

BUFFER — dispositivo di memorizzazione utilizzato per compensare la differente velocità di trasmissione tra due apparati dati o per memorizzare gli stessi sino al momento del loro utilizzo.

C

CAMPIONAMENTO — azione corrispondente al prelievo di campioni da un segnale mediante i quali è possibile in seguito ricostruire il segnale originale.

CANALE — via utilizzata per il trasporto dell'informazione. I canali possono consistere in intervalli temporali intercalati periodicamente, da linee telegrafiche o telefoniche, da bande di frequenza, ecc. Un canale comprende il modulatore ed il demodulatore e le apparecchiature utilizzate per il controllo degli errori.

CANALE DI ANDATA (FORWARD CHANNEL) — canale per trasmissione dati in cui la direzione della trasmissione coincide con quella nella quale viene trasmessa l'informazione.

CANALE DI RITORNO (BACKWARD CHANNEL) — canale per trasmissione dati in cui la direzione di trasmissione è opposta a quella nella quale viene trasmessa l'informazione. Viene usato per inviare segnali di supervisione o di controllo.

CANALE VOCALE — canale la cui larghezza di banda è sufficiente per la trasmissione di segnali vocali compresi tra i 300 ed i 3000 Hz.

CAPACITÀ DEL CANALE — numero di bit al secondo che un circuito è in grado di gestire in funzione sia della larghezza della banda utile che del livello medio del rumore.

CARATTERE — lettera, cifra, segno di interpunzione o carattere con funzione di controllo contenuto in un messaggio.

CAVO COASSIALE — cavo conduttore isolato contenuto all'interno di un'altro conduttore.

CCITT — Comitato Consultativo Internazionale per la Telegrafia e Telefonia, organo dell'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni la cui funzione è di discutere e stabilire normative nel settore della trasmissione dati.

CIFRA BINARIA — una delle due cifre nella rappresentazione dei dati nella notazione binaria e cioè 0 od 1, «A» o «Z».

CIRCUITO — mezzo di trasmissione a due vie comprendente sia il canale di andata che di ritorno. I due canali possono essere simmetrici o asimmetrici. Un esempio di circuito asimmetrico si ha ad esempio quando le velocità di trasmissione del canale di andata e di ritorno sono diverse.

CIRCUITO BILANCIATO — circuito bifilare in cui le tensioni e le correnti che rappresentano i dati assumono valore opposto rispetto a massa.

CONTROLLO DI PARITÀ — controllo mediante il quale il numero di cifre binarie che costituiscono un carattere viene verificato per determinarne la parità (controllo di parità) o la disparità (controllo di disparità).

CODICE — un sistema di regole e convenzioni mediante il quale i segnali che costituiscono un messaggio od un blocco dati vengono formati, trasmessi ed elaborati.

CODICE PER LA RIVELAZIONE DI ERRORE — codice in cui ogni segnale dati è conforme a regole di costruzione specifiche in modo che scostamenti da questa costruzione del segnale ricevuto possano essere rivelati.

CODICE RIDONDANTE — codice che utilizza un numero di elementi di segnale superiore al numero strettamente necessario per rappresentare l'informazione.

CODICE PER LA CORREZIONE DI ERRORE — codice nel quale ogni segnale dati è conforme a determinate regole di costruzione in modo che scostamenti dalle stesse nel segnale ricevuto possano essere rivelati ed automaticamente corretti.

CODIFICARE — trasformazione di un insieme di dati secondo quanto stabilito da regole determinate.

CONCENTRATORE — unità in grado di ricevere un elevato numero di linee a bassa velocità e di trasmettere i dati ricevuti su un numero inferiore di linee ad alta velocità.

CONCENTRAZIONE — è la funzione realizzata da una rete dati che ha più linee di ingresso che di uscita.

D

DATA BASE — archivio dati centralizzato memorizzato su dispositivi magnetici ad accesso diretto in cui sono contenuti i dati inerenti alle applicazioni di una vasta periferia di utenti che possono accedervi sia direttamente che tramite terminale.

DATA COMMUNICATION — gestione della trasmissione dati tra due o più stazioni via teleprocessing.

DATI — termine di carattere generale riferentesi a numeri, simboli o lettere utilizzati per trasferire informazioni mediante reti.

DEMODULATORE — circuito o circuiti la cui funzione è di demodulare il segnale ricevuto dalla linea di comunicazione.

DEMODULAZIONE — procedimento di separazione dalla frequenza portante della forma d'onda modulante originaria.

DIAFONIA — interferenza che si verifica nei circuiti trasmissivi tra canali adiacenti.

DIGIT — parola inglese corrispondente all'italiano 'cifra' che in un sistema di numerazione rappresenta uno degli elementi del sistema. Ad esempio nel sistema decimale le cifre sono i caratteri da zero a nove mentre in un sistema binario sono le cifre zero ed uno.

DIGITALE — si riferisce ad un valore o ad una misura espressa in forma discreta mediante cifre binarie in contrapposizione ad analogico riferentesi ad un valore espresso in forma continua.

DRIVER — programma preposto alla gestione di una periferica.

DISPLAY — dispositivo per la rappresentazione visiva dei dati.

DISTORSIONE — qualsiasi variazione della forma di un segnale ricevuto rispetto a quella trasmessa.

E

EDP — acronimo per Electronic Data Processing. Consiste nella elaborazione dei dati mediante l'utilizzo di calcolatori elettronici.

ELEMENTO UNITARIO — elemento di carattere di un segnale avente una durata uguale all'intervallo unitario di temporizzazione.

EQUALIZZATORE — circuito utilizzato per rendere uniformi le caratteristiche di linea in modo che un segnale trasmesso non subisca distorsioni.

EQUALIZZAZIONE DI AMPIEZZA — azione esercitata su un segnale allo scopo di attenuarne od amplificarne le frequenze costituenti in modo da compensare le diverse caratteristiche di attenuazione della linea.

ERRORE SINGOLO — bit errato preceduto e seguito da almeno un bit corretto.

ERRORE DOPPIO, TRIPLO ECC... — gruppo formato da due o più bit consecutivi errati preceduti e seguiti da almeno un bit corretto.

F

FDM (FREQUENCY DIVISION MODULATION) — trasmissione mediante multiplazione di frequenza in base alla quale più conversazioni vengono inviate simultaneamente sullo stesso circuito fisico.
Le vie di conversazione vengono suddivise mediante assegnazione ad ogni chiamata di una frequenza vettrice unica trasmessa poi su un circuito fisico assieme ad altre frequenze vettrici di valore diverso.

FILE — insieme o sequenza di dati logicamente omogenei.

FILTRO PASSA BASSO — dispositivo che consente il passaggio delle frequenze inferiori ad un certo valore.

FREQUENZA — velocità con cui si ripete un segnale periodicamente ricorrente. È espressa in hertz od in cicli per secondo (cps).

FREQUENZE FONICHE — frequenze percepibili dall'orecchio umano comprese tra i 20 ed i 20000 hertz. Nelle applicazioni telefoniche per frequenze foniche si intende la banda tra 300 e 3400 hertz.

FREQUENZA VETTRICE (PORTANTE) — segnale sinusoidale di frequenza prestabilito modulato da un secondo segnale, generalmente relativo ad un segnale fonico, in modo da avere un canale allocato in una ben precisa banda fonica.

FSK (FREQUENCY SHIFT KEYING) — modulazione di frequenza mediante la quale i diversi valori di un segnale vengono rappresentati da diversi valori di frequenza senza che la forma d'onda risultante presenti discontinuità di fase.

FULLDUPLEX — circuito che consente la conversazione simultanea in entrambe le direzioni.

H

HALF DUPLEX — circuito che consente la trasmissione in entrambe le direzioni ma non contemporaneamente.

HARD COPY — copia di un segnale video prodotta da un dispositivo di stampa.

I

INFORMATICA — scienza riferentesi alla elaborazione delle informazioni mediante l'utilizzo di sistemi di elaborazione elettronica.

INFORMATICA DISTRIBUITA — suddivisione della elaborazione tra più centri di calcolo appartenenti alla stessa organizzazione in modo che, pur potendo gli stessi essere collegati ad un sistema di elaborazione centralizzato, ciascuno abbia una potenzialità di calcolo autosufficiente.

INFORMAZIONE — è il significato che, secondo regole prestabilite, viene attribuito dall'uomo ai dati.

INPUT — insieme delle informazioni che vengono fornite ad un sistema di elaborazione in modo da rendere possibili successive elaborazioni. Una unità può essere utilizzata sia come unità di input che di output come si riscontra per supporti magnetici come dischi e nastri.

INTERFACCIA — canali di comunicazione e circuiti correlati che permettono il collegamento tra una unità di elaborazione e le sue unità periferiche o tra unità di elaborazione. È riferibile anche al collegamento di due o più dispositivi qualsiasi.

I/O (INPUT/OUTPUT) — termine riferentesi alla immissione o alla emissione dei dati. Con il nome di 'unità di I/O' si indicano generalmente tutti quei dispositivi di comunicazione tra dispositivi di elaborazione o di supporto dati.

L

LINE FEED — codice o carattere che provoca il posizionamento del dispositivo di stampa o di visualizzazione alla riga di stampa successiva.

LIVELLO — potenza espressa in watt presente in un certo punto di un circuito. In generale indica il livello assoluto di un segnale espresso in ampere, in watt od in volt rispetto ad un livello arbitrario di riferimento.

LIVELLO DI RUMORE — livello della potenza del rumore presente in un circuito o in linea espresso in watt, dbm od in volt.

LINK — a) circuito fisico tra due punti; b) circuito logico esistente tra due utenti di una rete a commutazione di pacchetto che pone gli utenti in grado di comunicare.

M

MASTER-SLAVE — sistema in cui una unità di elaborazione è definita come principale (master, in inglese, traducibile con 'padrone') e tutte le altre come secondarie o slave (letteralmente termine inglese per schiavo, asservito). È l'unità

master che controlla l'intero sistema e che regola il flusso dati da/verso le unità slave così come l'esecuzione da parte delle slave di particolari programmi applicativi.

MEGABYTE (MBYTE) — memoria dalla capacità di 1024 Kbyte.

MEMORIA BUFFER — dispositivo in cui memorizzare dei dati sino al momento del loro utilizzo.

MEMORIA DI MASSA — memoria in grado di contenere una notevole mole di dati tipicamente dell'ordine delle decine o centinaia di Megabyte. Il supporto fisico è costituito generalmente da nastri magnetici o da dischi (hard disc).

MICROONDE — metodo trasmissivo con frequenza portante nel campo delle lunghezze d'onda inferiori al metro.

MODULATORE — dispositivo che converte un segnale (ad esempio un segnale fonico) in modo da renderlo più facilmente trasmissibile.

MODEM — concentrazione delle parole «Modulatore - DEModulatore». Con questa parola composta si individuano quei dispositivi che vedono abbinati sia una unità di modulazione che di demodulazione di segnali dati.

MODULAZIONE A CODICE DI IMPULSI — traduzione del termine inglese «Pulse Code Modulation» generalmente riferito con il suo acronimo PCM. È un metodo di modulazione in cui il segnale informativo originale viene campionato periodicamente ed il valore ottenuto quantizzato e trasmesso mediante una codifica binaria.

MODULAZIONE DI AMPIEZZA — (AMPLITUDE MODULATION) — metodo di modulazione nel quale il segnale a bassa frequenza che rappresenta i dati viene combinato con un segnale portante ad alta frequenza. L'ampiezza del segnale modulato risultante dipende sia dalla frequenza che dall'ampiezza del segnale modulante.

MODULAZIONE DI FASE — modulazione realizzata variando la fase di un'onda portante in funzione dell'ampiezza del segnale modulante.

MODULAZIONE DI FREQUENZA — modulazione della frequenza di una portante in funzione dell'ampiezza del segnale modulante.

MTBF — (MEAN TIME BETWEEN FAILURE) — tempo medio intercorrente tra due guasti di uno stesso apparato.

MULTIELABORAZIONE (MULTITASKING) — esecuzione contemporanea di due o più programmi da parte di una unità di elaborazione che utilizza per l'input-output dei dati correlati ai singoli programmi periferiche comuni.

MULTIPLAZIONE — trasmissione contemporanea di informazioni inerenti a flussi dati diversi su un medesimo canale trasmissivo.

MULTIPUNTO — tipo di funzionamento di una rete dati in cui i messaggi inviati dalla unità Master sono ricevuti da tutte le unità secondarie.

N

NASTRO MAGNETICO (TAPE) — unità di memorizzazione di massa nella quale i dati vengono memorizzati registrandoli magnetizzando un nastro di plastica rivestito di un ossido magnetico.

NODO — in una rete a pacchetto un nodo è il punto di giunzione tra più linee dove i pacchetti vengono instradati verso il terminale di destinazione.

O

OFF-LINE — termine inglese che si riferisce ad una configurazione in cui una periferica non è asservita alla unità di elaborazione principale. Si riferisce anche ad un processo in cui la registrazione dei dati viene fatta in una fase separata dalla successiva elaborazione e l'introduzione dei dati nell'elaboratore richiede un intervento da parte dell'operatore.

ON-LINE — tipo di funzionamento in cui i dispositivi periferici sono asserviti alla unità di elaborazione in modo che la lettura dei dati da elaborare e la elaborazione successiva viene fatta in modo automatico senza l'intervento dell'operatore.

OTTETTO — insieme composto da otto bit.

OUTPUT — il risultato di una elaborazione. Si riferisce alle unità di presentazione o a quei dispositivi che permettono di visualizzare in forma comprensibile (stampe, tabulati, ecc...) il risultato conseguente alla esecuzione di determinati programmi.

P

PAM — acronimo di Pulse Amplitude Modulation (modulazione di ampiezza ad impulsi). Utilizzata nelle centrali telefoniche realizzate in tecnica PAM permette di campionare i segnali fonici degli utenti e di commutarli verso il destinatario senza ulteriori conversioni.

PACCHETTO — gruppo di cifre binarie comprendenti sia segnali di controllo che dati che vengono commutati come un unico insieme. Sia i dati che i segnali di controllo sono combinati secondo formati prestabiliti da appositi standard.

PACCHETTO (COMMUTAZIONE DI) — trasmissione di dati mediante l'utilizzo di pacchetti indirizzati nella quale il canale di trasmissione viene occupato per la sola durata di trasmissione del pacchetto. Il canale diventa poi disponibile per la trasmissione di pacchetti relativi a terminali differenti.

PACCHETTO (RETE A COMMUTAZIONE DI) — rete progettata per il trasporto di dati raggruppati in pacchetti. La struttura dei pacchetti è inerente alla sola rete mentre terminali ad essa connessi possono utilizzare formati di trasmissione differenti. La conversione dei dati in pacchetti viene fatta mediante apposite interfacce di rete.

PARITÀ (BIT) — bit che viene aggiunto ad una sequenza di bit per controllare se durante la trasmissione uno di essi ha subito una alterazione di valore.

PARITÀ (CONTROLLO) — verifica della presenza di errori in una sequenza di bit fatta controllando che il numero di uni o di zeri sia sempre pari o dispari.

PCM — acronimo per Pulse Code Modulation. Tecnica di trasmissione in base alla quale un campione PAM di un segnale viene codificato, prima della sua trasmissione, in cifra binaria.

PROTOCOLLO — insieme di regole a cui ci si deve attenere per iniziare, realizzare e terminare una trasmissione dati. I protocolli possono esistere a diversi livelli in funzione della complessità del collegamento come ad esempio protocolli di tipo end-to-end, link-to-link e user-to-network.

R

RETE DI COMMUTAZIONE — rete che permette lo stabilirsi di comunicazioni foniche o dati tra due qualsiasi degli utenti ad essa connessi.

RISPOSTA (TEMPO DI) — tempo necessario ad un sistema per reagire ad un segnale di input. Nel caso di un messaggio battuto sulla tastiera di un video da parte dell'operatore e la cui risposta da parte di un elaboratore debba essere visualizzata sullo schermo il tempo di risposta può essere definito come l'intervallo di tempo intercorrente tra la battitura dell'ultima lettera da parte dell'operatore e la visualizzazione del primo carattere della risposta sullo schermo del video.

S

SISTEMA ARQ — sistema che utilizza un codice a rivelazione di errori tale da inoltrare automaticamente una richiesta di ripetizione quando un messaggio si rivela errato.

STAMPANTE — unità di presentazione dei risultati di una elaborazione che stampa i dati su carta a modulo continuo o su fogli singoli.

STANDARD — insieme di regole di accettazione internazionale.

SUPPORTO — materiale sul quale vengono registrati o memorizzati dei dati. Si parla di supporto magnetico quando vengono utilizzati nastri, dischi o memorie. Altri tipi di supporti sono le schede perforate od i nastri di carta.

T

TDM — acronimo per Time Division Multiplex. La multiplazione a divisione di tempo permette di instradare più flussi dati simultanei sullo stesso circuito fisico campionando ciclicamente ed a intervalli regolari i dati delle singole sessioni.

TELECOMUNICAZIONI — trasmissione a distanza di segnali fonici o dati.

TELEMATICA — parola che indica la convergenza tra TELE-comunicazioni e inforMATICA.

TERMINALE — unità munita di un dispositivo mediante il quale è possibile introdurre dei dati in un elaboratore o stamparne i dati prodotti.

TEMPO DI TURN-AROUND — tempo richiesto da un modem o da una generica unità di trasmissione per invertire, in un circuito half-duplex, la direzione di trasmissione.

TRASMISSIONE — trasferimento di un segnale da un punto ad un'altro mediante l'utilizzo di appositi dispositivi.

TRASFERIMENTO DI INFORMAZIONI — trasmissione di dati da un dispositivo terminale ad un'altro.

TRASMETTITORE — dispositivo che converte un'informazione in una forma (acustica, elettrica od ottica) accettabile dal mezzo utilizzato per la trasmissione.

TRASMISSIONE ASINCRONA — processo di trasmissione tale che tra due istanti significativi di uno stesso gruppo di informazioni (ad esempio i bit che formano un carattere) esiste un numero intero di intervalli unitari. Tra istanti significativi di gruppi diversi al contrario non si riscontra obbligatoriamente lo stesso numero di intervalli unitari.

TRASMISSIONE START-STOP — trasmissione asincrona nella quale ogni gruppo di elementi corrispondenti ad un carattere è preceduto da un segnale di inizio (bit di start) ed è seguito da un segnale di fine (bit di stop) che hanno la funzione di predisporre il dispositivo di recezione alla ricezione indipendente di ogni carattere.

TRASMISSIONE SINCRONA — metodo di trasmissione in base al quale tra due instanti significativi esiste sempre un numero intero di intervalli unitari.

TRASMISSIONE IN PARALLELO — trasferimento di un carattere in cui ogni bit viene trasmesso contemporaneamente su circuiti separati.

TRASMISSIONE SERIALE — trasferimento di informazione in cui i bit od i caratteri che formano il messaggio sono trasmessi sequenzialmente sullo stesso circuito.

TRUNK (GIUNZIONE) — cavo di interconnessione tra centrali di commutazione costituito da numerosi circuiti fisici indipendenti.

U

UNITÀ DI CONTROLLO — unità di un calcolatore che interpreta ed esegue le istruzioni di un programma.

UNITÀ DI CHIAMATA AUTOMATICA — dispositivo che permette ad unità di elaborazione od a terminali di attuare automaticamente le chiamate telefoniche verso il dispositivo di destinazione.

U.S.A.S.C.I.I. — codice standard americano per l'interscambio di informazioni.

V

VELOCITÀ DI LINEA — velocità massima alla quale dei segnali possono essere trasmessi su un determinato canale. Viene espressa in bit al secondo (bps) od in Baud.

VELOCITÀ DI TRASMISSIONE — numero degli elementi unitari di informazione (bit, caratteri,...) trasmessi nell'unità di tempo considerata.

VIRTUALE — aggettivo che implica come qualcosa sia differente nella sua realtà fisica da come invece appare all'utente od al programma.

VIRTUALE (CIRCUITO) — definizione proposta dal CCITT per il servizio di trasmissione dati. L'utente presenta, per la sua spedizione, un messaggio con un formato specifico. Il sistema spedisce il messaggio come se verso il destinatario esistesse un circuito fisico. Qualsiasi sia il percorso o la tecnica di trasmissione l'unica cosa percepita dall'utente è la presenza di un circuito (virtuale).

L. 23.000 Cod. 528 P ISBN 88-7056-144-5

La trasmissione elettronica delle informazioni ha permeato tutti i settori in cui si articola la società in cui viviamo rendendo indispensabile la conoscenza degli aspetti che globalmente la rendono possibile. Questo volume, senza presupporre alcuna conoscenza del settore, inizia con la descrizione dei principali dispositivi utilizzati per la trasmissione dei dati, esponendo parallelamente le normative e gli standard internazionali che ne regolano il funzionamento e le caratteristiche operative. Prende poi in esame i protocolli che permettono di trasferire informazioni tra calcolatori e terminali, partendo dai più semplici di tipo interattivo sino ai più complessi utilizzati sulle attuali reti per trasmissione dati.
Ampio spazio viene dedicato alle reti dati a commutazione di pacchetto ed alla nascente rete dati nazionale mediante la quale diventa possibile, anche per il comune utente, utilizzare in modo economico un supporto trasmissivo, costituito dalle linee telefoniche, altrimenti sempre più costoso e proibitivo.
Il volume termina con un'analisi delle caratteristiche e delle funzioni che caratterizzano un moderno PABX destinato, in contrapposizione alle Reti Locali, a costituire un punto di aggregazione delle funzioni di automazione di ufficio ed il nucleo di reti integrate fonia-dati.

85

TRASMISSIONE DATI
dispositivi standard e protocolli

Giuseppe Saccardi

GRUPPO EDITORIALE JACKSON